भूमि-रसायन

हिन्दी समिति ग्रन्थमाला—४९

भूमि-रसायन

लेखक

शिवनाथ प्रसाद

एम. एस-सी., बी. एल., एफ. आर. आई. सी. (इंग्लैंड)

प्रकाशन शाखा, सूचना विभाग

उत्तर प्रदेश

प्रकाशकीय

भूमि की उपज बढ़ाना देश की एक प्रमुख समस्या है। कृषि-विज्ञान की जानकारी इसके लिए परमावश्यक है। इस पुस्तक में वर्णित विषय "भूमि-रसायन" कृषि-विज्ञान का ही महत्त्वपूर्ण अंग है। इसमें बतलाया गया है कि मिट्टी में कौन-कौन से रासायनिक द्रव्य पाये जाते हैं, पेड़-पौधों या फसल पर उनका क्या प्रभाव पड़ता है, यदि किसी मिट्टी में कुछ आवश्यक द्रव्यों की कमी है तो उनकी पूर्त्ति किस तरह की जा सकती है, उत्पादन-वृद्धि की कठिनाइयाँ दूर करने के लिए किन उपायों का सहारा लिया जा सकता है, इत्यादि। इस दृष्टि से यह पुस्तक कृषिकार्य में लगे हुए व्यक्तियों के सिवा कृषि-विज्ञान का अध्ययन करनेवाले विद्यार्थियों के लिए भी उपयोगी है।

हिन्दी समिति ग्रन्थमाला की यह उनचासवीं पुस्तक है। इसके लेखक श्री शिवनाथ प्रसाद एम. एस सी., ईख अनुसंधान संस्था, पूसा, विहार में मुख्य रसायनज्ञ तथा विहार कृषि महाविद्यालय, सैबोर में स्थानापन्न प्राचार्य एवं प्राध्यापक रह चुके हैं। आपने वर्षों के परिश्रम एवं अनुभव के आधार पर इसका प्रणयन किया है। हमें आशा है कि यह हिन्दी के पाठकों के लिए उपयोगी प्रमाणित होगी।

अपराजिता प्रसाद सिंह
सचिव, हिन्दी समिति

प्राक्कथन

"भूमि-रसायन" कृषि-विज्ञान का एक महान् अंग है। कृषि-विज्ञान के स्नातक परीक्षा में बैठने वाले विद्यार्थियों के लिए "भूमि-रसायन" का अध्ययन आवश्यक है। आशा की जाती है, प्रस्तुत पुस्तक ऐसे विद्यार्थियों के लिए भी उपयोगी सिद्ध होगी।

यत्र-तत्र "भूमि-रसायन" के जटिल सिद्धान्तों को भौतिक, कार्बनिक और अकार्बनिक रसायन की सहायता से सहज-रूप में समझाने का प्रयत्न इसी दृष्टि से किया गया है कि विद्यार्थियों के लिए ये सिद्धान्त और समस्याएँ उतनी कठिन तथा रहस्यपूर्ण न रह जायँ और उनका समाधान निरर्थक प्रतीत न हो। अनुसन्धानकर्त्ताओं तथा स्नातकोत्तर परीक्षा के विद्यार्थियों को भी इस पुस्तक से किंचित् लाभ होने की आशा की जा सकती है क्योंकि इस ध्येय को सामने रखते हुए, इसमें कुछ महत्त्वपूर्ण विषयों पर प्रकाश डाला गया है।

इस प्रयत्न के लिए लेखक, सर्वोपरि राष्ट्रपति डा० राजेन्द्र प्रसादजी का आजीवन आभारी है, जिनके निरन्तर उत्साह द्वारा प्रेरित होकर वह इस मार्ग में अग्रसर हो सका है।

कार्बनिक रसायन के प्रकांड पंडित तथा हिन्दी भाषा में अनेकानेक वैज्ञानिक पुस्तकों के रचयिता, गुरुदेव प्रो० फूलदेव सहाय वर्मा, एम० एस-सी; ए० आई; को भी जितना धन्यवाद दिया जाय, कम ही है। उनके चरणों में बैठकर शिक्षा-प्राप्ति का ही परिणाम है कि लेखक इस प्रयत्न में सफल हो सका है।

"उत्तर प्रदेश" सरकार और "हिन्दी समिति" के प्रति भी, ग्रन्थ-रचना में प्रोत्साहन देने के लिए, लेखक अनुगृहीत है!

इस पुस्तक के लिखने में भारत सरकार द्वारा संकलित वैज्ञानिक शब्दावली से सहायता की गयी है। जो शब्द इस में नहीं मिल सके हैं उनके पर्याय श्री रघुबीर के अंग्रेजी हिन्दी कोश की सहायता से अथवा स्वयं अपनी बुद्धि के अनुसार बना लिये गये हैं।

यदि इस पुस्तक के प्रकाशन से विज्ञान-जगत् को आशा के अनुरूप लाभ का शतांश भी प्राप्त हो सका तो कहना पड़ेगा कि जिन भावनाओं की प्रेरणा लेकर लेखक आगे

बढ़ सका है, उन्हीं का आवाहन कर प्रयत्नशील होने से भविष्य में वह और भी कुछ अंशदान करने में सफल हो सकता है। अन्त में निवेदन है कि—

अनन्तपारं किल शब्दशास्त्रं,
स्वल्पं तथायुर्बहवश्च विघ्नाः।
सारं ततो ग्राह्यमपास्य फल्गु,
हंसैर्यथा क्षीरमिवाम्बुमध्यात् ॥

शिवनाथ प्रसाद

विषय-सूची

प्रथम भाग

परिच्छेद पृष्ठ-संख्या

द्वितीय भाग

चित्र-सूची

चित्र पृष्ठ

चित्र | पृष्ठ

पहला परिच्छेद

भूमि-रसायन का इतिहास

कृषि-रसायन शास्त्र का इतिहास आदि काल से सम्बन्ध रखता है। वेदों एवं पुराणों में कृषि-उत्पादन के निमित्त मिट्टी में खाद डालने का उल्लेख आया है।

इतिहास से विदित है कि पृथ्वी पर मनुष्य का आगमन होने से पहले वनस्पतियों का आविर्भाव इसलिए हो चुका था कि वे मनुष्य का भोजन हैं। समय-समय पर मानव जाति ने वनस्पतियों के विषय में तथा इनकी वृद्धि के कारणों पर अनुसंधान किया है। क्या यह प्रकृति का अद्भुत चमत्कार नहीं है कि छोटे-से बीज में वह शक्ति प्रदान की गयी है, जिससे एक विशाल वृक्ष तैयार हो जाता है। वृक्ष के आरोपण से लेकर फूलने-फलने तक अगणित क्रियाओं की खोज सदा से होती आ रही है और इस विषय पर अनुसंधान का क्षेत्र भी इतना विस्तृत है कि वह भविष्य में भी जारी रहेगा। हमारी आवश्यकताएँ बढ़ती जा रही हैं और हम नित्य नये प्रकार के प्रयोग कर रहे हैं, जिससे उत्पादन में सरलता हो और हमको अन्न-वस्त्र की कमी महसूस न हो।

रसायन-शास्त्र का प्रयोग वनस्पति-जीवन की जटिल समस्याओं को हल करने में यथेष्ट सफल रहा है। कृषि की उन्नति के लिए यह शास्त्र बहुत-कुछ अन्वेषण कर चुका है। सैकड़ों वर्ष के अनवरत परिश्रम के बाद आज हम यह कहने को तैयार हुए हैं कि कृषि-रसायन एक बृहत् रूप धारण कर रहा है और इसके द्वारा कृषि सम्बन्धी फसलों के उत्पादन में बहुत फायदा पहुँचा है।

आधुनिक कृषि-रसायन का जन्म १६वीं शताब्दी में हुआ था।

ब्रुसेल्स के एक नागरिक ने, जिसका नाम फान हेलमौन्ट (Van Helmont) (१५७७–१६४४) था, मिट्टी और वनस्पति से सम्बन्धित एक अनुसंधान किया था। दो पौंड अथवा एक सेर गरम की हुई मिट्टी गमले में रखकर उसमें एक पेड़ का बीज रोप दिया गया। पाँच वर्षों के बाद उसने पेड़ को मिट्टी से हटाकर अलग-

अलग दोनों ही को तौल लिया। इस प्रयोग द्वारा उसने यह सिद्ध किया कि मिट्टी में सिर्फ दो औंस अथवा एक छटाँक द्रव्य घट गया, किन्तु पेड़ की तौल में लगभग १६४ पौंड अथवा दो मन की बढ़ती हो गयी। मिट्टी में जो कमी हुई वह इतनी कम थी कि यह अनुसन्धान निरर्थक समझा गया। फिर अनुसन्धानकर्त्ता ने यह समझा कि पेड़ की बढ़ती पानी से ही होती है। जितना पानी डाला गया था वह पेड़ के वजन की बढ़ती का कारण समझा गया।

इसी अनुसन्धान पर लगभग १५० वर्ष बाद टिप्पणी करते हुए इंग्लैंड के एक जमींदार और आक्सफोर्ड विश्वविद्यालय के स्नातक जेथरोटल (Gethrotull) ने कहा कि पानी बराबर ही मिट्टी से कुछ-न-कुछ लेकर पौधों को देता है। उसने यह भी कहा कि एरिस्टाटल की तत्त्वविद्या से यह सिद्ध है कि जीव चार तत्त्वों से बने हैं—मिट्टी, हवा, अग्नि और पानी। इसमें मिट्टी की प्रधानता है और मिट्टी से ही पौधों का पालन-पोषण होता है। फान हेलमौन्ट (Van Helmont) की अन्वेषण क्रिया में दो बातों पर ध्यान नहीं दिया गया—एक तो हवा का पौधों पर प्रभाव और दूसरा मिट्टी से दो औंस वजन का कम हो जाना।

कुछ दिनों बाद जे० आर० ग्लौबर्स (J. R. Glaubers) ने बताया कि शोरा पेड़ों की बढ़ती में प्रधान द्रव्य है। उसने मवेशियों के रहने की जगहों से नीचे की मिट्टी में शोरे को पाकर यह समझा कि यह तो मवेशियों के मल-मूत्र से आया होगा, इसलिए पौधों में भी इसका रहना प्रमाणतः सिद्ध समझा गया। उसने यह भी प्रमाणित किया कि शोरे को खेत में छोड़ने से पौधों में बढ़ती होती है। उसने इन दोनों बातों से यह समझा कि शोरा पेड़-पौधों के बढ़ने में एक प्रधान द्रव्य है।

इस सिद्धांत को जान मेओ (John Mayo) के अन्वेषण से बहुत ही बल प्राप्त हुआ। उसने मिट्टी में शोरे का विश्लेषण वर्ष में भिन्न-भिन्न समय पर किया और बतलाया कि वसन्त ऋतु में यह सबसे ज्यादा मात्रा में पाया जाता है और इसी समय पौधे बहुत तेजी से बढ़ते हैं। लेकिन उस मिट्टी में यह अधिक मात्रा में पाया जाता है, जहाँ पर पौधे बहुत जोर से बढ़ते हैं, क्योंकि वहाँ पर सब शोरा पेड़-पौधे खींच लेते हैं।

जान उडवार्ड (John Woodward) ने १६९९ ई० में इस विषय पर अत्यन्त आश्चर्यजनक कार्य और सही अन्वेषण किया। उसने पेड़ों को बहुत जगह पानी देकर गमलों में उपजाया। उसका परिणाम नीचे की सारणी में दिया जाता है।

सारणी संख्या १

पानी का विवरण	पौधे का वजन		७७ दिन में पौधे के वजन में वृद्धि
	जब लगाया गया ग्रेन में	जब निकाला गया ग्रेन में	ग्रेन में
(१) वर्षा का पानी	२८	४५	१७
(२) टेम्स नदी का पानी	२८	५४	२६
(३) नाले का पानी	११०	२४९	१३९
(४) नाले का पानी और सड़ी मिट्टी	९२	३७६	२८४

इन सभी गमलों में विभिन्न प्रकार का यथेष्ट पानी था। मिट्टी बिल्कुल नहीं थी। यह देखा गया कि पेड़ की बढ़ती उस पानी में ज्यादा थी, जिसमें सड़ी मिट्टी मिलायी गयी थी। इस अनुसन्धान से अनुसन्धानकर्त्ता ने यह समझा कि पेड़-पौधे पानी से नहीं बढ़ते, पर कुछ ऐसे द्रव्यों से बढ़ते हैं जो वर्षा तथा नाले के पानी इत्यादि में पाये जाते हैं। इस अनुसन्धान से पानी में स्थित गन्दे पदार्थों का महत्त्व बढ़ जाता है। उसने अन्त में इस सिद्धान्त पर जोर दिया कि पौधों की बढ़ती, मिट्टी में पौधे तथा अन्य जानवरों के मर जाने के बाद जो द्रव्य पैदा होते हैं, उन्हीं से होती है।

इस अनुसन्धान के बाद अनेक वर्षों तक कोई आश्चर्यजनक खोज नहीं हुई। जेथरोटल ने, जो आक्सफोर्ड का एक बहुत बड़ा वैज्ञानिक था, कई तरह के कृषि सम्बन्धी प्रश्नों को हल किया तथा अन्य आविष्कार भी किये। यह बहुत ही अच्छा आविष्कारक था और इसने बतलाया कि पानी के द्वारा मिट्टी से बहुत से द्रव्य बनते हैं और मिट्टी के छोटे-छोटे कण उन द्रव्यों के साथ पौधों की बढ़ती में सहायक होते हैं। उसने यह भी बतलाया कि पौधों की जड़ें जब मिट्टी में बढ़ती एवं फैलती हैं तब इन द्रव्यों को दबाव (Pressure) द्वारा खींचकर ऊपर ले जाती हैं।

हल के विचारों का भी इंग्लैंड पर इतना प्रभाव पड़ा कि उसकी किताबें तथा लेख किसानों के घर-घर में फैल गये।

वनस्पति-पोषक द्रव्यों की खोज (१७५०-१८८०)

इंग्लैंड में अठारहवीं शताब्दी के अन्त में कृषि-शास्त्र सम्बन्धी वैज्ञानिक खोज बहुत जोरों पर हुई। आर्थर यंग का कहना है कि इस समय राजा से लेकर रंक तक कृषक बन गये। बहुतेरे अन्वेपण हुए और पुस्तकें लिखी गयीं। बहुत सी बातों की जानकारी भी प्राप्त हुई और बहुत सी संस्थाएँ स्थापित की गयीं। सन् १७५५ में कला की उन्नति और आविष्कारों के लिए एक संस्था एडिनबरा में कायम की गयी। इस संस्था द्वारा इस बात पर अनुसंधान करने का प्रयत्न किया गया कि कृषि में रसायन शास्त्र कहाँ तक सहायता पहुँचा सकता है। फ्रांसिस होम (Francis Home) नामक एक वैज्ञानिक ने बतलाया कि कृषि-शास्त्र की सफलता इसी में है जब वह बता दे कि पौधों के लिए कौन-कौन से पोषक द्रव्यों की आवश्यकता होती है।

अत्यन्त उर्वरा मिट्टी की जाँच करने पर यह पता चला कि ऐसी मिट्टी में तेल अधिक मात्रा में पाया जाता है। अतः यह समझा गया कि यही मिट्टी के लिए पोपक द्रव्य है। जब ऐसी मिट्टी में पौधों के उपजाने से मिट्टी की पोषणशक्ति का ह्रास हो गया तब वह मिट्टी कुछ दिनों तक हवा में छोड़ देने से फिर पोषक द्रव्यों से पूर्ण हो गयी। इसलिए यह समझा गया कि हवा ने कुछ अन्य द्रव्यों को इसमें मिला दिया है।

इसने यह भी बतलाया कि पौधों को बढ़ने के लिए शोरा, पोटैशियम, मैगनी-शियम, सल्फेट इत्यादि पोषक द्रव्य हैं। जैतून का तेल भी सहायक साबित हुआ। अतः यह समझा जाने लगा कि बहुत से द्रव्य मिलकर पौधों की बढ़ती में सहायक होते हैं, किसी एक द्रव्य पर पौधों की बढ़ती निर्भर नहीं रहती। इससे यह भी प्रकट हो गया कि पौधों के विषय में अनुसंधान करने के लिए गमलों में पौधों का उपजाना आवश्यक है तथा उनके पत्ते इत्यादि की जाँच विश्लेषण-क्रिया द्वारा की जानी चाहिए।

इसके बाद जे० जी० विलियम्स (J. G. Williams) और आर० किरवान (R. Kirwan) ने बहुत से अनुसंधान किये, पर उन्होंने कोई नया दृष्टिकोण नहीं बतलाया। फिर भी उपसला (Sweden) के विश्वविद्यालय में रसायनशास्त्र का प्रधान शिक्षक होने के नाते १७६१ ई० में आर० किरवान ने बहुत सा महत्त्व-पूर्ण अन्वेषण किया। उसने विश्लेषण-क्रिया द्वारा पौधों की जाँच की और यह बत-लाया कि मिट्टी में ह्यूमस नामक द्रव्य का रहना अत्यावश्यक है। इस द्रव्य के द्वारा पोषक पदार्थ जड़ों में प्रवेश करते हैं। कैलसियम कार्बोनेट और लवण दोनों ही

ह्यूमस को विलयन करने में मदद करते हैं और मिट्टी का बारीक कण, जिसका नाम मटियार मिट्टी (Clay) है, ह्यूमस को शोषित करता है, जिससे वह वर्षा के पानी से धुलकर बह न जाय। मिट्टी के मोटे कण, जिन्हें बालू कहते हैं, मिट्टी के छिद्र को अपूर्ण रखते हैं, जिससे मिट्टी के अन्दर वायु रह सके। जे० जी० वेलेरियस, डनडोनॉल्ड (Dundonald) के अर्ल ने १७९५ ई० में सोडियम और पोटैशियम को भी वनस्पति का पोषक द्रव्य बतलाया, लेकिन उसने मिट्टी में ह्यूमस की प्रधानता भी बतलायी। उसने यह भी बतलाया कि मिट्टी में आक्सीकरण की क्रिया द्वारा कार्बोनिक पदार्थ अघुलनशील हो जाते हैं, अतः वे वनस्पतियों के लिए व्यर्थ सिद्ध होते हैं। चूना, नमक या अन्य क्षारीय पदार्थ उनको विलयनशील करते हैं, जिसके कारण वे वनस्पतियों के पोषक द्रव्य बन जाते हैं। इस प्रकार यह सिद्ध होता है कि ये सब पदार्थ गोबर इत्यादि के साथ मिट्टी में डालने चाहिए। खाद को ऊपर लिखे विश्लेषण से दो भागों में विभाजित किया गया है। एक वह जो पौधे का तत्कालीन पोषक है और दूसरा वह जो पोषक द्रव्यों के बनने में सहायता पहुँचाता है। किरवान ने बतलाया कि क्षार (आलकली) पौधों से उत्पन्न होते हैं। सन् १७९५–१७९६ ई० के लगभग लैम्पेडियस ने अनुमान किया कि पौधे सिलिका नामक द्रव्य उत्पन्न करते हैं।

सन् १७७०-१८०० ई० के अन्तर्गत कुछ ऐसे कार्य अनुसंधानशालाओं में किये गये, जिनसे वनस्पतियों की क्रिया का विशेष रूप से वर्णन हो सका। जौसेफ प्रीस्टली (Joseph Priestley) ने यह बतलाया कि पशु तथा मनुष्य के श्वास से वायु दूषित हो जाती है। यह अनुमान किया जाने लगा कि अवश्य प्रकृति द्वारा कुछ ऐसी क्रिया होती होगी, जिससे दूषित वायु शुद्ध हो जाय। उसने अनुमान किया कि यह क्रिया पौधों द्वारा ही हो सकती है, ये वायु को स्वच्छ रख सकते होंगे। विज्ञान में अनुमान का स्थान बहुत उच्च है, यदि वह विचारबद्ध हो। जौसेफ प्रीस्टली का यह अनुमान बहुत दिनों बाद अनुसंधानशालाओं में अति-सूक्ष्मदर्शक यन्त्रों द्वारा सिद्ध किया गया। स्वयं प्रीस्टली एक सुगन्धित पौधे की टहनी के ऊपर अनुसंधान करते हुए इस परिणाम पर पहुँचा कि यह सुगन्धित पौधा उस हवा को स्वच्छ करता है जो प्राणियों के श्वाँस द्वारा दूषित हो गयी है। इस क्रिया का उल्लेख उसने गलत तरीके से किया। उसने यह समझा कि सुगन्ध द्वारा वायु साफ हो जाती है। परन्तु बाद में यह बात अप्रमाणित सिद्ध हुई। जन्तु या प्राणी द्वारा श्वास की क्रिया से वायु में आक्सिजन की जो कमी हो जाती है उसे पौधे पूरा करते हैं और यह क्रिया सूर्य की किरणों द्वारा होती है।

आक्सिजन नामक गैस का अन्वेषण न होने की वजह से इस क्रिया का उल्लेख स्पष्ट रूप से नहीं किया जा सकता था, और यही कारण है कि जौसेफ प्रीस्टली अपना कथन प्रमाण द्वारा सिद्ध करने में असफल रहा। फिर उसी ने आक्सिजन का आविष्कार किया, तब भी वह अपना सिद्धान्त सिद्ध नहीं कर सका, क्योंकि सूर्य की किरणों का क्या प्रभाव वनस्पति के पत्तों पर पड़ता है, यह वह जान न सका। शील (Scheel) नामक वैज्ञानिक ने भी उसी समय अपना यह विचार प्रकट किया कि पौधे जन्तुओं के समान ही हवा को अशुद्ध कर देते हैं। प्रीस्टली ने शील के विचारों का इसलिए खंडन नहीं किया कि वह सूर्यकिरणों के प्रभाव को समझ नहीं सका था।

१७७९ ई० में इनगेन हौस (Ingen Housyr) ने दोनों वैज्ञानिकों के कथन का उत्तर प्रामाणिक रूप से दिया। उसने यह सिद्ध किया कि सूर्य के प्रकाश में, दिन में, पौधे हवा को स्वच्छ करते हैं, जिससे प्राणियों को दूषित वायु नहीं मिलती और वे स्वस्थ जीवन पा सकते हैं। रात्रि में पौधे हवा को दूषित करते हैं। आज भी यह सिद्धान्त प्रचलित है और इस क्रिया का उल्लेख वनस्पति-शास्त्र के अन्तर्गत शरीरविज्ञान (Physiology) में पूर्ण रूप से पाया जाता है।

वनस्पति-शरीरविज्ञान का जन्म १८०० ई० के बाद हुआ। थियोडर डी साजूरे (Theodare de Saussure) ने १८०४ में इस विज्ञान पर बहुत लगन से काम किया और उसके अनुसंधान में बौसिंगौ (Boussingualt) और गिल्बर्ट इत्यादि वैज्ञानिकों द्वारा बहुत कुछ सहायता प्राप्त हुई। साजूरे का पिता भी वैज्ञानिक था, अतः पुत्र ने पिता का काम अच्छी तरह समझ लिया था। यही कारण है कि उसने बहुत ख्याति प्राप्त की। उसने पौधों के जीवन पर दो प्रकार से प्रकाश डालने की कोशिश की। एक तो यह कि पौधों पर हवा का क्या प्रभाव पड़ता है, दूसरे यह कि पौधों में क्षार इत्यादि कहाँ से आते हैं।

साजूरे ने पौधों को हवा में तथा वायु-मिश्रित कार्बन-डाई-आक्साइड (CO_2) में उपजाया और ये पौधे हवा में स्थित भिन्न-भिन्न गैसों को कितनी-कितनी मात्रा में लेते हैं, यह जाँच करने की चेष्टा की। उसने पत्तों को जलाकर क्षार की मात्रा का भी अनुमान लगाया। इस विधि के द्वारा उसने यथार्थ में पौधों की क्रिया का पता लगा लिया। उसने यह बात सिद्ध की कि पौधे हवा से कार्बन-डाई-आक्साइड (CO_2) लेते हैं और आक्सिजन छोड़ते हैं। यह क्रिया सूर्यप्रकाश द्वारा सम्पन्न होती है। सूर्य की किरणों के रुकने पर अर्थात् रात्रि में इसके विपरीत क्रिया होती है।

उसके इस अनुमान से यह भी सिद्ध हुआ कि पौधों की बनावट के लिए अधिकतर हवा ही आवश्यक है। हवा से कार्बन आता है और उससे पौधे बढ़ते हैं। क्षार जो पौधों में न्यून मात्रा में मिलता है, मिट्टी से आता है।

१८१३ ई० में सर हंफ्री डेवी (Sir Humphry Davy) ने एक पुस्तक लिखी जिसका नाम "एलीमेन्ट्स आफ एग्रीकलचरल केमेस्ट्री" रखा। इस पुस्तक में वनस्पति-जीवन पर दिया गया उसका व्याख्यान समाविष्ट था। इसकी ख्याति बहुत हुई, अतः जो भी इसमें लिखा था वह मान लिया गया। डेवी ने यही बतलाने का प्रयत्न किया कि मिट्टी में जीव-जन्तुओं और पौधों के सड़ने से वनस्पति की वृद्धि होती है। उसका मत था कि अकार्बनिक (Inorganic) तत्त्व उत्तेजक (Stimulant) का काम करते हैं और मिट्टी में कार्बनिक द्रव्य ही वनस्पति के लिए प्रधान खाद्य पदार्थ है। यह सिद्धान्त जर्मनी के आलब्रेख्त थेयर (Albrecht Thair) ने भी स्थापित किया था।

जे० बी० बौसुंगोल्ट ने अत्यन्त परिश्रम के साथ १८३४ ई० में खेती पर अनुसंधान शुरू किया। यह अनुसंधान प्रथम बार हुआ। उसने साजूरे के नियम और क्रिया पर कार्य करके यह जानने का प्रयत्न किया कि पौधे हवा से कितना और क्या पदार्थ प्राप्त करते हैं और मिट्टी से कौन सा पदार्थ प्राप्त होता है। इस जाँच का यह सफल परिणाम निकला कि कार्बन, आक्सिजन और हाइड्रोजन पौधों को हवा से प्राप्त होते हैं।

सारणी संख्या २ में दिये गये आँकड़ों से यह सिद्ध होता है

उपयुक्त समय के बाद पौधों और मिट्टी की तौल से यह पता चला कि मिट्टी से जो कुछ पौधों ने लिया, उसकी अपेक्षा कहीं अधिक पदार्थ पौधों से मिट्टी ने प्राप्त किया। इसका श्रेय कार्बन, हाइड्रोजन और आक्सिजन को है। इसलिए यह सिद्ध हुआ कि कार्बन, हाइड्रोजन और आक्सिजन हवा से प्राप्त होते हैं और अन्य द्रव्य जो पौधों को प्राप्त हुए, वे मिट्टी में स्थित खाद से मिलते हैं। बौसुंगोल्ट ने यह भी बतलाया कि कार्बनिक पदार्थों का महत्त्व बहुत है। उसने पौधों का हेर-फेर करके यह जानकारी प्राप्त की कि कुछ पौधे जब मिट्टी में बोये जाते हैं तो उनसे मिट्टी में नाइट्रोजन बढ़ जाता है। इस वैज्ञानिक ने मिट्टी-रसायन पर बहुत काम किया तथा पौधे और मिट्टी का परस्पर सम्बन्ध जानने का प्रयत्न किया। अन्त में १८७० ई० के युद्ध के बाद इस वैज्ञानिक की प्रयोगशाला और फार्म नष्ट हो गये एवं काम अधिक दिनों तक नहीं चल सका। सन् १८३० से १८४० ई० तक कार्ल स्प्रिन्गेल (Carl Springel) ने पौधों के

सारणी संख्या २

वजन किलोग्राम प्रति हेक्टेयर में

क्र. सं.	पौधों का नाम	सूखा वजन	कार्बन	हाइड्रोजन	आक्सिजन	नाइट्रोजन	क्षार
(१)	चुकन्दर	३१७२	१३५७.७	१८४.०	१३७६.७	५३.९	१९९.८
(२)	गेहूँ	३००६	१४३१.६	१६४.४	१२१४.९	३१.३	१६३.२
(३)	सूखी घास	४०२९	१९०९.७	१०१.५	१५२३.०	८४.६	३१०२
(४)	गेहूँ	४२०८	२००४.२	२३०.०	१७००.७	४३.८	२२९.३
(५)	मूली	७१६	३०७.२	३९.३	३०२.९	१२.२	५४.४
(६)	जौ	२३४७	११८२.३	१३७.३	८९०.९	२८.४	१०८.०
योग	पूर्ण जोड़	१७४७८	८१,९२.७	९५६.५	७००९.०	२५४.२	१०६५.५
	खाद द्वारा प्राप्त	१०१६१	३६३७.६	४२६.८	२६२१.५	२०३.२	३२७१.९
	मिट्टी से लिये गये द्रव्य	+७३१७	+४५५५.१	+५२९.७	+४३८७.५	+५१	−२२०६.४

क्षार का अध्ययन किया। इसी बीच शुब्लर (Schubler) ने मिट्टी के कुछ भौतिक गुणों पर कार्य आरम्भ किया। फिर रसायन शास्त्र के एक बहुत बड़े पंडित लीबिग ने १८४० ई० में "कृषि और प्राणि-शास्त्र में रसायन का प्रयोग" नामक एक पुस्तक प्रकाशित की।

इस पुस्तक में लीबिग ने यह पूर्ण रूप से प्रमाणित किया कि पौधों को कार्बन हवा से प्राप्त होता है। कार्बनिक अम्ल हवा में रहता है और उसके द्वारा प्रचुर रूप से कार्बन-डाई-आक्साइड पौधों को प्राप्त होता है। उसने यह भी सिद्ध करने का प्रयत्न किया कि मिट्टी में ह्यूमस (Humus) नामक कार्बनिक पदार्थ द्वारा कार्बन-डाई-आक्साइड पौधों की जड़ द्वारा शोषित होकर पौधों को प्राप्त होता है। मिट्टी में सभी क्षार ऐसे नहीं होते जो पानी में घुल जायँ। इसलिए पानी और हवा की ऋतुक्षरण क्रिया द्वारा कुछ क्षार घुल जाते हैं और जड़ों द्वारा शोषित होकर पौधों में पहुँच जाते हैं। ऐसिटिक अम्ल भी जड़ों द्वारा पौधों में पहुँच जाते हैं। नाइट्रोजन, अमोनिया द्वारा मिट्टी से प्राप्त होता है और अमोनिया मिट्टी में डाली गयी खाद और हवा से प्राप्त होता है। मिट्टी की उर्वरा शक्ति बनाये रखने के लिए यह आवश्यक है कि जितना क्षार और नाइट्रोजन हम पौधों को काट लेने पर हटा लेते हैं, उस क्षति को फिर से खाद देकर पूरा करते रहें। पौधों की विश्लेषण क्रिया द्वारा यह पता लग सकता है कि मिट्टी से कितनी मात्रा में क्षार और अन्य पदार्थ अलग किये गये और कितना उसमें देने की आवश्यकता है। इस आदान-प्रदान की क्रिया को लीबिग (Liebig) ने बड़ी ही चतुरता से समझाया। उसने अपनी एक खाद भी बनायी जिसे पेटेन्ट करा लिया। इसकी बिक्री भी बाजार में बहुत हुई। उसकी विख्यात पुस्तक की भी बिक्री बहुत हुई। उसने कृषिशास्त्र के एक बहुत बड़े सिद्धान्त का उल्लेख किया, जिसका वर्णन नीचे किया जाता है।

पौधे मिट्टी से जितना द्रव्य लेते हैं और मिट्टी में जितना द्रव्य खाद के रूप में डाला जाता है, उसी मात्रा में उनकी बढ़ती भी होती है। उसने यह भी सिद्ध किया कि मिट्टी में खाद के किसी एक द्रव्य के न रहने से, अन्य सभी द्रव्यों के रहते हुए भी पौधे अपनी जीवन-क्रिया सुचारु रूप से नहीं चला सकते। इस सिद्धांत के ऊपर बहुत वाद-विवाद हुआ, फिर भी लीबिग (Liebig) की जीत हुई और यही सिद्धांत बाद में "लॉ आफ दी मिनीमम" के नाम से प्रचलित हुआ, जो आज भी अखण्डित और पूर्णरूप से सिद्ध है। लीबिग के इस सिद्धान्त के बाद लौवेस (J. B. Lawes) और गिल्बर्ट ने इसका खंडन किया। उन्होंने यह भी बतलाया कि लीबिग द्वारा आविष्कृत

खाद निरर्थक है। ये वैज्ञानिक १८४३ ई० से रौथेम्स्टेड (Rothamsted) में काम कर रहे थे। इन्होंने लीबिग के कई सिद्धान्तों का भी खण्डन किया, जैसे नाइट्रोजन का पौधों में हवा से प्राप्त होना। इन लोगों ने रौथेम्स्टेड के खेतों पर उसी तरह का अनुसंधान किया जैसा बौसुंगौल्ट (Boussungualt) ने किया था। इनके मरने के बाद भी यह अनुसंधान वहाँ चलता रहा और सौ वर्ष तक मान्य रहा। इस अनुसंधान से बहुत सी बातों की जानकारी हुई और १८५५ ई० तक निम्नलिखित सिद्धान्तों को स्थापित किया गया।

(१) पौधों को फौस्फेट और क्षार की आवश्यकता है। पौधों के क्षार (ash) के विश्लेषण से यह पता नहीं लग सकता कि इनको कितने प्रमाण में कौन-कौन से तत्त्वों और द्रव्यों की आवश्यकता है।

जैसे मूली को फौस्फेट की बहुत आवश्यकता पड़ती है, फिर भी उसके क्षार में फौस्फेट बहुत कम पाया जाता है। नीचे लिखी हुई सारणी सं० ३ से यह पता चल सकता है। रौथेम्स्टेड के वार्षिक विवरण से ये आँकड़े लिये गये हैं।

सारणी संख्या ३

क्षार में पाये गये द्रव्य	मूली की उपज प्रति एकड़
(१) पोटाश ४५ प्रति सैकड़ा	बिना खाद ४.५ फौस्फेट खाद—१३
(२) फौस्फेट ८ प्रति सैकड़ा	फौस्फेट + पोटाश —१२

पोटाश और फौस्फेट बराबर मात्रा में दिये गये, फिर भी मूली में इन दोनों द्रव्यों की मात्रा भिन्न-भिन्न है। पोटाश अधिक मात्रा में पाया गया और फौस्फेट की मात्रा कम रही।

(२) जो पौधे दलहन (Legumes) के वर्ग में नहीं आते, उनके लिए नाइट्रोजन की आवश्यकता है। नाइट्रेट्स (Nitrates) तथा अमोनिया (Ammonia) दोनों ही उपयुक्त और अनुकूल फलदायक सिद्ध हुए। वायु में अमोनिया जो न्यून मात्रा में है, वह अत्यन्त कम है, अतः उससे पौधों को अधिक लाभ नहीं होता। दलहन वर्ग के पौधों में विचित्रता पायी जाती है।

(३) मिट्टी की उर्वरा शक्ति बहुत दिनों तक खाद डालकर कायम रखी जा सकती है।

(४) चौमास जमीन छोड़ने से मिट्टी में नाइट्रोजन की अधिकता हो जाती है।

यद्यपि लीबिग (Leibig) का बहुत सा सिद्धान्त खंडित कर दिया गया, फिर भी उसका मूल सिद्धान्त अखण्डित रहा। डे साजूरे ने भी बहुत पहले लीबिग के सिद्धान्त से मिलता-जुलता सिद्धान्त उपस्थित किया था, लेकिन लीबिग ने इस सिद्धान्त का विवेकपूर्वक प्रदर्शन किया, जिससे इसे क्रियात्मक रूप से किसानों ने समझकर खाद की महत्ता का ज्ञान प्राप्त किया।

प्राणीशास्त्र-वेत्ता नौप (Knop) ने पश्चात् काल में पौधों को पानी में उपजाकर यह सिद्ध कर दिया कि पौधों के पोषण के लिए पोटैशियम (Potasseum), मैगनीशियम (Magnesium), कैलसियम, लौह, फौस्फेट्स, गन्धक, कार्बन, नाइट्रोजन, हाइड्रोजन और आक्सिजन की आवश्यकता है और इनका मिट्टी में पौधों की जड़ द्वारा शोषण होने की अवस्था में रहना अनिवार्य है। लीबिग ने जो द्रव्यों की सूची बनायी थी उससे नौप (Knop) की सूची में यही अन्तर है कि नौप ने लौह द्रव्य को भी शामिल कर लिया था। इंग्लैंड के किसानों ने आरंभ में इस बात पर विश्वास नहीं किया कि ये विभिन्न रासायनिक द्रव्य खाद के रूप में पौधों और फसल के लिए गुणकारी हो सकते हैं और इनका मिट्टी में डालना आवश्यक है। उन्होंने यह समझ रखा था कि ये द्रव्य पौधों के लिए हानिकारक हैं। लेकिन रौथेम्स्टेड की प्रयोगशाला ने इस विश्वास के विपरीत यह सिद्ध कर दिया कि इन द्रव्यों का मिट्टी में खाद के रूप में डालना गुणकारी है। सैंकड़ों वर्ष तक इस अनुसंधानशाला के खेत में ये द्रव्य खाद के रूप में डाले गये और मिट्टी तथा पौधों पर कोई भी बुरा असर नहीं पड़ा। परिणाम अच्छा ही हुआ और बराबर फसल की वृद्धि होती गयी।

फ्रांस में जार्ज विले (George Ville) ने विनसेनिस (Vencennes) की अनुसंधान-भूमि (experemental plot) पर १८७४–१८७५ ई० में फसलों को उपजाकर यह साबित कर दिया कि ये रासायनिक द्रव्य मिट्टी की उर्वरा शक्ति को कायम रखने के लिए आवश्यक हैं और इनका खाद के रूप में डालना अनिवार्य है। उसने यह भी सिद्ध किया कि नाइट्रोजन, फौसफोरस, पोटैशियम तथा कैलसियम अधिक आवश्यक हैं और इनकी उपयोगिता अन्य द्रव्यों की तुलना में कहीं अधिक है। सारणी संख्या ४ से यह पता चल जाता है कि इन द्रव्यों का मिट्टी में रहना फसल के लिए कहाँ तक उपयोगी है।

सारणी संख्या ४

उपयुक्त सभी खाद के साथ		गेहूँ की फसल की उपज, मन प्रति एकड़ ब्रूसेल में
(१)	खाद के साथ	४३
(२)	खाद बिना कैलसियम	४१
(३)	खाद बिना पोटाशियम	३१
(४)	खाद बिना फौस्फेट	२७
(५)	खाद बिना नाइट्रोजन	१४
(६)	बिना खाद की मिट्टी पर	१२

ऊपर दिये हुए आँकड़े विले (Ville) के अनुसंधान से लिये गये हैं।

इससे यह सिद्ध होता है कि कैलसियम, नाइट्रोजन, फ़ौस्फोरस और पोटैशियम का फसल अथवा अन्न-उत्पादन के लिए मिट्टी मेंरह ना अत्यन्त आवश्यक है। यह सिद्धान्त, जिसे लीबिग और विले (Ville) ने निकाला, आज भी यथार्थ साबित हो रहा है। विले ने खेती पर ही अनुसंधान के द्वारा खाद की प्रधानता को प्रमाणित करते हुए एक यथोचित तथा विवेकपूर्ण अनुसंधान प्रथा चलायी। मिट्टी के विश्लेषण को उसने बेकार और अनुपयोगी साबित किया। यद्यपि खेत में खाद का प्रयोग करके अनुसंधान करना बहुत ही स्थूल क्रिया कही जा सकती है, फिर भी यही क्रिया वर्त्तमान समय में मिट्टी में अधिक अन्न उत्पादन के लिए कितनी खाद देनी चाहिए, इसका पता लगाने के लिए सबसे उत्तम समझी जाती है।

दूसरा विवादग्रस्त सिद्धांत यह था कि पौधे नाइट्रोजन कहाँ से लेते हैं। प्रीस्टली (Priestley) ने पौधों को बन्द बोतलों में रखकर यह सिद्ध किया कि हवा का १/८ वाँ अंश पौधे शोषण कर लेते हैं। डी साजूरे (De. Saussere) ने हवा से पौधों का नाइट्रोजन लेना असंभव बतलाया है। बौसिंगौल्ट (Boussingault)

ने प्रयोग करके यह बतलाया कि मटर इत्यादि दलहन हवा से नाइट्रोजन लेते हैं, परन्तु गेहूँ में ऐसी बात नहीं है। लीबिग ने यह बतलाया कि अमोनिया के रूप में पौधे नाइट्रोजन लेते हैं। इस बात को अन्य अनुसंधानकर्त्ताओं ने भी सिद्ध किया, किन्तु हवा से नाइट्रोजन लेना असंभव साबित हुआ। बहुत-से पौधे ऐसे वातावरण में पाये गये जहाँ हवा में नाइट्रोजन, अमोनिया एकदम नहीं था। मिट्टियों को आग से जलाया गया जिससे नाइट्रोजन उनमें नाम मात्र भी न रह जाय। पौधे शीशे के बड़े-बड़े पात्रों में उपजाये गये, जिसमें ऐसे पानी और हवा का प्रयोग किया गया जो नाइट्रोजन-विहीन थी। नाइट्रोजन को छोड़कर और सभी द्रव्य व्यवहार में लाये गये, सिर्फ मिट्टी में नाइट्रोजन नहीं था, लेकिन वायु में नाइट्रोजन था, फिर भी पौधे पनप नहीं सके। इससे यह सिद्ध हुआ कि नाइट्रोजन पौधों के लाभ के लिए मिट्टी से ही लिया जा सकता है। किन्तु एक प्रश्न और जानने योग्य था। जब दलहन, जैसे मटर इत्यादि, उपजाये गये तो उनके लिए मिट्टी में नाइट्रोजन की उतनी आवश्यकता नहीं पायी गयी, जितना वह अन्य पौधों के लिए आवश्यक प्रमाणित हुआ। इस पर वर्षों तक अनुसंधान होता रहा। एक वैज्ञानिक जे० लैसमैन (J. Lachmann) ने दलहन के पौधों की जड़ों की परीक्षा करके यह बतलाया कि इन जड़ों में गोलाकार ग्रन्थियाँ रहती हैं, जिनमें कीटाणु भी पाये जाते हैं।

१८८१ ई० में ऐटवाटर (W. Atwater) ने यह प्रमाणित किया कि मटर के पौधे हवा से अपनी जड़ों में नाइट्रोजन लेते हैं और यह जड़ों में स्थित कीटाणुओं द्वारा शोषित किया जाता है। अब मिट्टी-शास्त्र में एक नयी सूझ पैदा हुई। पूर्वकाल के वैज्ञानिक मिट्टी-शास्त्र में केवल द्रव्यों की खोज करते आ रहे थे और इस बात का पता लगाने पर उतारू थे कि कौन-कौन से द्रव्य पौधों के लिए हितकारी हो सकते हैं, जो यदि मिट्टी में डाल दिये जायँ तो अधिक अन्न उपजाने में मानव जाति को सफलता प्राप्त हो। इस बात का बहुत कुछ पता चल चुका था, लेकिन कुछ ऐसी विशेष अज्ञेय क्रियाएँ प्रकृति की ओर से वैज्ञानिकों को देखने को मिलीं, जिनकी गुत्थी वे नहीं सुलझा सके। उनको पौधों की परीक्षा करने पर यह पता चला कि कुछ पौधे ऐसे भी हैं जो कीटाणुओं की मदद से अपने भोजन का, विशेष कर नाइट्रोजन का, जो वायु में रहता है, शोषण कर लेते हैं। इस क्रिया का महत्त्व बड़ा ही उत्तम सिद्ध हुआ। इसके पश्चात् अत्यन्त आकर्षक और महत्त्वपूर्ण अनुसंधान द्वारा वैज्ञानिकों ने कुछ ऐसी जानकारी प्राप्त की, जिससे न्यूनतम व्यय करके अधिक अन्न उपजाने में किसानों को सफलता प्राप्त हुई।

अब तो आगे चलकर मिट्टी-विज्ञान के अनुसंधान-कार्य का कीटाणुओं से सम्बन्ध रहने लगा और मिट्टी-विज्ञान के वैज्ञानिकों ने मिट्टी में कीटाणुओं की दशा और स्थिति पर अनुसंधान करना आरंभ कर दिया।

पुराने कृषिविशेषज्ञों ने अधिक अन्न उपजाने के लिए कार्बनिक पदार्थों को मिट्टी में डालने की विशेषता बतलायी है। आदिकाल से हम यह बात देखते चले आ रहे हैं कि किसान खेतों में मवेशियों के मल-मूत्र और सड़े पौधों को डालते हैं। वैज्ञानिकों को इस बात का भी ज्ञान था कि कार्बनिक पदार्थ के डालने से मिट्टी में नाइट्रेट की उत्पत्ति होती है। १७वीं और १८वीं शताब्दी में युद्ध में अस्त्रों के व्यवहार के लिए नाइट्रेट से बारूद बनती थी। यह नाइट्रेट मिट्टी से निकलता था और इसकी अधिक उत्पत्ति के लिए मिट्टी में कार्बनिक पदार्थ, सड़ा हुआ गोबर और मल-मूत्र डाले जाते थे। १८०७ ई० तक इस बात का पता नहीं चल सका था कि कार्बनिक पदार्थों को मिट्टी में डालने से नाइट्रेट की उत्पत्ति कैसे होती है। लीबिग (Leibig) ने १८५६ ई० में यह बात बतलायी कि उन मिट्टियों में नाइट्रेट की उत्पत्ति होती है जिनमें हम नाइट्रोजन वाली खाद व्यवहार में लाते हैं। उसने अमोनिया को प्रधान वनस्पति-पोषक द्रव्य बतलाया, यद्यपि नाइट्रेट्स को भी पोषक द्रव्यों में शामिल किया गया। वे (Way) ने भी १८५६ ई० में बतलाया कि नाइट्रेट मिट्टी में बनता है। दुर्भाग्यवश उसने इस बात पर पूर्ण अनुसंधान नहीं किया। वह यह समझता था कि अमोनिया ही प्रधान पोषक द्रव्य है और अमोनिया से नाइट्रेट मिट्टी में नहीं बन सकता। उसका यही विश्वास था।

दस वर्ष इस गुत्थी को सुलझाने में बीत गये कि नाइट्रेट की उत्पत्ति मिट्टी में कैसे होती है। अनेक वाद-विवाद होने के बाद फ्रांस के वैज्ञानिकों ने यह सिद्ध किया कि नाइट्रेट की उत्पत्ति से मिट्टी में स्थित कीटाणुओं का सम्बन्ध है। इस गुत्थी को सुलझाने का श्रेय पासतूर (Pastuer) नामक कीटाणु-विशेषज्ञ को दिया जा सकता है, यद्यपि इसका ज्ञान स्लोसिंग (Schloesing) और मुंज (Muntz) नामक जर्मन विशेषज्ञों को अधिक प्राप्त हुआ, जब वे नालियों के गन्दे पानी को छानकर साफ कर रहे थे। वे इस गन्दे पानी को चूना और बालू के ऊपर छान रहे थे। यह क्रिया बहुत दिनों तक चलती रही और थोड़ा-थोड़ा पानी चूता रहा। पहले २० दिन तक सिर्फ अमोनिया छने हुए पानी में आता रहा। तत्पश्चात् नाइट्रेट आने लगा और अन्त में सभी अमोनिया नाइट्रेट में परिवर्तित हो गया। इन वैज्ञानिकों ने यह जिज्ञासा की कि अमोनिया का नाइट्रेट में परिवर्त्तन पहले क्यों नहीं हुआ और बाद में क्यों हुआ।

अन्त में उन्होंने अनुमान किया कि इस कार्य में कीटाणुओं का हाथ है और जब गन्दे पानी में क्लोरोफार्म डालकर छाना गया तो यह पता चला कि अमोनिया नाइट्रेट में परिवर्त्तित नहीं हो सका। यह ज्ञात होना चाहिए कि क्लोरोफार्म कीटाणुओं को मार देता है। अब इस बात को सिद्ध करने में कोई कठिनाई नहीं है कि कीटाणु अमोनिया को नाइट्रेट में परिवर्तित करते हैं।

इस नये अन्वेषण को लेकर बहुत से वैज्ञानिकों ने इसके सहारे मिट्टी में अमोनिया और नाइट्रेट की उत्पत्ति पर विशेष रूप से अनुसन्धान प्रारम्भ किया।

वारिंगटन (Warengton) ने १८७८ से १८९१ ई० तक इस पर रौथेम्स्टेड में अनुसंधान किया। उसने यह बतलाया कि मिट्टी के अन्दर क्लोरोफार्म और कार्बन-डाइ-सलफाइट देने से नाइट्रेट-उत्पत्ति की क्रिया स्थगित हो जाती है और अमोनिया-क्षार में थोड़ी सी मिट्टी दे देने से अमोनिया नाइट्रेट के रूप में बदल जाता है। उन्हीं दिनों केमिकल सोसायटी में जो उसका लेख प्रकाशित हुआ उससे स्पष्ट हो गया कि यह क्रिया दो भागों में विभक्त की जा सकती है। एक तो अमोनिया का नाइट्राइट में परिवर्तन होना और दूसरा नाइट्राइट का नाइट्रेट में परिवर्त्तन होना।

दोनों क्रियाओं के दो कीटाणु अलग-अलग अनुमानित किये गये, किन्तु कीटाणुओं का अलग-अलग प्रदर्शन नहीं किया जा सका। उस समय कीटाणुओं का अलग प्रदर्शन करने की क्रिया पूर्ण रूप से ज्ञात नहीं हो सकी थी। इसका श्रेय रूस के महान् कीटाणुशास्त्रीय वैज्ञानिक विनोग्रास्की (Wenograsky) को है। उसने इन दोनों कीटाणुओं का अलग-अलग प्रदर्शन करके यह सिद्ध कर दिया कि दो तरह के कीटाणु मिट्टी में अमोनिया का नाइट्रेट में परिवर्तन कर देते हैं। कीटाणुओं का अलग-अलग प्रदर्शन करने के लिए अलग-अलग माध्यम होते हैं। इन कीटाणुओं का प्रदर्शन करने का माध्यम वारिंगटन को ज्ञात नहीं था। यह बात वह नहीं जान सका था कि इन कीटाणुओं के माध्यम में कार्बनिक पदार्थ की आवश्यकता नहीं होती, ये हवा से कार्बन-डाई-आक्साइड शोषित कर सकते हैं। विनोग्रास्की ने इन कीटाणुओं को सिलिका के माध्यम पर प्रदर्शित किया।

इसके उपरान्त बहुत-से वैज्ञानिक इस विषय पर कार्य करने लगे और उन लोगों ने बतलाया कि कोई भी कार्बनिक पदार्थ मिट्टी में डालने से नाइट्रेट के रूप में परिवर्तित हो जाता है, और सभी वनस्पति नाइट्रेट को जड़ द्वारा खाद्य के रूप में शोषित करती हैं। हवा से वनस्पतियों का पत्तों द्वारा नाइट्रोजन शोषित करने का सिद्धान्त समय-समय

पर प्रस्तुत होता रहा, लेकिन आज भी यह विवादग्रस्त है और इसका पूर्णरूप से पता नहीं चल सका है।

दलहन की श्रेणी के पौधों को नाइट्रोजन की खाद की आवश्यकता नहीं होती, इसका प्रमाण अभी तक नहीं मिल सका है। १८८८ ई० में जर्मन वैज्ञानिक हेलराइगल (Hellriegele) और विलफार्थ (Wellfarth) ने यह बतलाया कि जो दलहन की श्रेणी के पौधे नहीं हैं, उनके लिए नाइट्रेट्स की आवश्यकता है और उनकी वृद्धि नाइट्रेट की मात्रा पर निर्भर है, लेकिन दलहन की श्रेणी के पौधों में यह बात चरितार्थ नहीं होती। इन लोगों ने दो प्रकार के पौधों को अलग-अलग गमलों में बालू के ऊपर उपजाया—दलहन वाले पौधों में यह बात देखी गयी कि जिन गमलों में नाइट्रेट नहीं दिया गया था उनमें पौधों की वृद्धि कुछ दिनों तक नहीं हुई, उसके बाद कुछ तो अत्यन्त शीघ्रतापूर्वक बढ़ने लगे और कुछ बिल्कुल ही नहीं बढ़े। किन्तु जिन गमलों में नाइट्रेट दिया गया था उनमें ऐसी बात नहीं थी। सारणी सं० ५ में दिये गये आँकड़े उनके अनुसंधान से लिये गये हैं।

विश्लेषण से पता चला कि अनुसंधान के अन्त में बालू और जौ के पूर्ण पौधों में जितना नाइट्रोजन था वह ऊपर से दिये गये नाइट्रोजन से कम था। लेकिन मटर में दिये गये नाइट्रोजन से विश्लेषण द्वारा निर्धारित नाइट्रोजन अधिक पाया गया। इससे यह सिद्ध हुआ कि मटर हवा से नाइट्रोजन लेता है और इसकी क्रिया कई बातों पर निर्भर है। बर्थलौट (Berthelot) ने १८८५ में अनुसंधान करके यह बतलाया कि मिट्टी के कीटाणु हवा से नाइट्रोजन लेते हैं।

वनस्पतिशास्त्र के विशेषज्ञों को इस बात का भी ज्ञान था कि दलहनों की जड़ में ग्रंथियाँ (Nodules) होती हैं, जिनमें कीटाणु रहते हैं। हेलराइगल और विलफार्थ ने अपने अनुसंधान द्वारा और अन्य वैज्ञानिकों के प्रमाणित सिद्धांतों द्वारा अनुमान किया कि दलहनों की ग्रंथियों में जो कीटाणु रहते हैं, वे हवा से नाइट्रोजन लेते हैं और इस प्रकार दलहन-पौधों की पुष्टि करते हैं। इस क्रिया से दलहन-पौधों की मिट्टी में नाइट्रोजन खाद की आवश्यकता नहीं होती। उन्होंने नीचे लिखी तीन बातें स्पष्ट रूप से बतलायीं।

(१) बालू के गमलों में नाइट्रेट के न रहने से मटर के पौधों की बढ़ती नहीं हुई और उनकी जड़ों में ग्रन्थियाँ नहीं बनीं, जब कि बालू को कीटाणुरहित कर दिया गया। लेकिन जब कैलसियम-नाइट्रेट नामक द्रव्य बालू में दिया गया तब उनकी बढ़ती

सारणी संख्या ५

पौधों में नाइट्रोजन की जाँच के आँकड़े

नाइट्रोजन देने और पौधों के बढ़ने में परस्पर सम्बन्ध

क्रम संख्या		ग्राम	ग्राम	ग्राम	ग्राम	ग्राम	ग्राम
(१)	प्रति गमले में कैलसियम नाइट्रेट ($Ca No_3$) के रूप में नाइट्रोजन की मात्रा	कुछ नहीं	०.५६	०.११२	०.१६८	०.२२४	०.३३६
(२)	जौ की प्राप्ति की तौल (भूसा और अन्न के दाने)	०.३६१ ०.४११	५.९०२ ५.८५१ ५.२८७	१०.९८१ १०.९४१	१५.९९७	२१.२७३ २१.४४१	३०.१३५
(३)	मटर की प्राप्ति की तौल (भूसा और अन्न के दाने)	०.५५१ ३.४९६ ५.२३३	०.९३८ १.३०४ ४.१२८	४.९१५ ९.७६७ ८.४९७	५.६११	९.७२५ ६.६४६	११.३५२

जौ (यव) के समान होने लगी। इससे यह पता चला कि जब बालू कीटाणु-रहित कर दी गयी तब मटर की जड़ों में ग्रन्थियाँ नहीं बन सकीं।

(२) कीटाणुरहित बालू में जब मिट्टी का निस्सारण (Extract) डाला गया तब मटर की जड़ों में ग्रन्थियाँ बन गयीं।

(३) कीटाणु-रहित बालू में जब मटर उपजाये गये तब उनकी बढ़ती मिट्टी का निस्सारण डालने से हुई और यह निस्सारण के कीटाणुओं की मात्रा पर निर्भर था।

हेलराइगल और विलफार्थ ने अपने अन्वेषण के निमित्त जिन पौधों को उपजाया था,वे १८८६ ई० में बर्लिन की प्रदर्शनी में प्रदर्शित किये गये और प्रदर्शनी की सभा में उन्होंने अपना वैज्ञानिक लेख पढ़ा। गिल्बर्ट भी उस सभा में उपस्थित था और रौथेम्स्टेड (Rothamsted) के खेतों में उन वैज्ञानिक क्रियाओं को पौधों पर प्रयुक्त करके यह सिद्ध किया था कि नाइट्रोजन हवा से मिट्टी में कीटाणुओं द्वारा शोषित होकर पौधों में जाता है और उनकी वृद्धि के लिए सहायक होता है। एम० डब्लू० बैजरिंक (M. W. Beijerinck) ने १८८८ से १८९० ई० तक अनुसंधान करके इन विशेष प्रकार के कीटाणुओं को निकाला और इनका नाम बैसिलस रै डिसीकोला (Bacilus Ra dicicola) रखा।

इस प्रकार से मिट्टी-विज्ञान का एक बहुत बड़ा विवाद-जनक प्रश्न हल हो गया और यह बात सिद्ध हो गयी कि मिट्टी में स्थित कीटाणु नाइट्रोजन की शोषण-क्रिया द्वारा पौधों को लाभ पहुँचाते हैं। वोलनी (Bollney) और बर्थेलौट (Berthelot) ने १८८४ से १८८६ ई० तक कीटाणुओं पर निरन्तर अनुसंधान करके यह सिद्ध कर दिया कि मिट्टी में स्थित कीटाणु पौधों के लिए खाद-वस्तुओं का उत्पादन करते हैं। इसके पूर्व १८८३ ई० में लौरेन्ट (Lorrent) ने गेहूँ को दो भिन्न-भिन्न गमलों में उपजाया। एक में उसने सड़ी हुई खाद मिट्टी के साथ डाली और दूसरे में सड़ी हुई खाद और मिट्टी को नाप-क्रिया द्वारा कीटाणु-रहित करके डाला। उसने यह देखा कि पहले गमले के पौधे स्वस्थ और हृष्ट-पुष्ट हुए तथा दूसरे गमले के पौधे कमजोर और छोटे हुए। इससे पता चला कि पौधों में बढ़ती का सम्बन्ध मिट्टी में स्थित कीटाणुओं से है।

विनोग्रास्की (Wenograsky) और बैजरिंक ने यह भी सिद्ध किया कि दलहन की जड़ों के न रहते हुए भी मिट्टी में कुछ ऐसे कीटाणु हैं जो हवा से नाइट्रोजन ले सकते हैं। बाद में यह भी सिद्ध हुआ कि हवा से नाइट्रोजन को कीटाणुओं द्वारा मिट्टी में पहुँचाने के लिए मिट्टी में कार्बोहाइड्रेट, फौस्फेट और चूने (Calcium) का रहना

अत्यन्त आवश्यक है। कीटाणुओं द्वारा नाइट्रोजन को हवा से मिट्टी में पहुँचाने की क्रिया कृषि के लिए बड़ी लाभदायक सिद्ध हुई, लेकिन जब कृषि की उन्नति होने लगी और इस खाद-पदार्थ की कमी हुई, तब यह पता चला कि मिट्टी में ऊपर से नाइट्रोजन रासायनिक द्रव्यों के रूप में डालने की आवश्यकता है। जर्मनी और अमेरिका में पोटाश और फौस्फेट की बड़ी-बड़ी खानें पायी गयीं और उनसे रासायनिक उर्वरक तैयार किये गये। इसके पश्चात् रासायनिक क्रिया द्वारा हवा में स्थित नाइट्रोजन को हाइड्रोजन से मिलाकर उपयोगी रासायनिक उर्वरक बनाये गये।

अब इस विषय पर अनुसंधान किया जाने लगा कि मिट्टी में कितनी खाद की आवश्यकता है और कितनी खाद देने से किस मात्रा में अन्न उत्पन्न हो सकता है। इसके लिए मिट्टी की विश्लेषण-क्रिया पर अनुसंधान करना आवश्यक हुआ। वैसे तो मिट्टी में सभी द्रव्य प्रचुर मात्रा में रहते हैं, लेकिन पौधे उनके सूक्ष्म अंश ही ले पाते हैं। इसलिए यह जानकारी आवश्यक समझी गयी कि भिन्न-भिन्न द्रव्यों की वह कितनी सूक्ष्म मात्रा है जो पौधे मिट्टी से सुचारु रूप में उपजने के लिए पा सकते हैं। इस विश्लेषण-क्रिया पर पहले-पहल डायर (Dyer) ने लगभग १८६० ई० में अनुसंधान किया और मिट्टी जाँचने की एक क्रिया निकाली, जिसमें मिट्टी एक प्रतिशत साइट्रिक अम्ल विलयन में डालकर छान ली जाती है, और उससे छनकर जो विलयन आता है, उसमें फौस्फेट और पोटाश का विश्लेषण किया जाता है। डायर ने सिद्ध किया कि पौधे मिट्टी से यही फौस्फेट और पोटाश लेते हैं।

बहुत दिनों तक यह क्रिया मिट्टी-रसायन शास्त्र के कार्यालयों में प्रचलित रही और कहीं-कहीं इस विश्लेषण द्वारा द्रव्यों का सम्बन्ध अन्न की उपज के साथ नहीं पाया गया। फिर इस बात की खोज होने लगी कि और कौन-सा विलयन मिट्टी के साथ व्यवहार किया जाय जिससे पौधों के खाद द्रव्य का पता चल सके।

हाप्किन्स (Hopkins), विटने (Witney), कैमेरन (Cameron), किंग (King), ब्रे (Bray), स्पूर्वे, (Spurway), थौर्नटन (Thronton) इत्यादि अमेरिकन वैज्ञानिकों ने बहुत-से विलयनों का उपयोग किया और शीघ्र मिट्टी जाँच यंत्र का आविष्कार किया। इनमें बहुत-से जाँचने के तरीके असफल भी सिद्ध हुए, क्योंकि इनकी जाँच से यह नहीं पता चल सका कि अमुक मिट्टी पर कितनी फसल प्रति एकड़ उपज सकती है। १९३२ ई० में मौर्गन (Morgan) ने भी एक मिट्टी-जाँच यन्त्र निकाला। इसका प्रचार अमेरिका में बहुत हुआ। इस वैज्ञानिक का दावा

है कि यह जाँच-यंत्र सर्वोत्तम है और इससे शीघ्र पता चल जाता है कि अमुक मिट्टी में प्रति एकड़ कितना अन्न उपज सकता है।

लेखक ने भी १९४४ ई० में कृषि-अनुसंधानशाला पूसा, बिहार में कार्य करते हुए एक शीघ्र मिट्टी-जाँच यन्त्र का निर्माण किया है। इस यन्त्र द्वारा नाइट्रोजन, फौस्फेट और पोटाश की जाँच बड़ी सुगमता से हो जाती है।

मिट्टी की जाँच में बहुत ही नाजुक रासायनिक क्रियाओं का अनुभव हुआ है। वे और टाम्सन ने १८५२ ई० में एक बहुत ही महत्त्वपूर्ण अनुसंधान किया था। उन्होंने बतलाया कि मिट्टी में द्रव्यों को शोषित करने की शक्ति है। ये द्रव्य अधिकतर अकार्बनिक तत्त्व हैं, जैसे—कैलसियम, मैगनीशियम, सोडियम, पोटाशियम, फौस्फेट इत्यादि। और यही द्रव्य, जो मिट्टी के बारीक कणों की सतह पर शोषित होते हैं, पौधों के लिए प्राप्त होते हैं। इस आधार पर अनेक विश्लेपण-क्रियाएँ आरम्भ की गयीं जिनमें शोषित द्रव्यों की मात्रा का पता लगाया गया और उनसे अन्न इत्यादि की उपज की मात्रा का सम्बन्ध स्थापित किया गया। इसके अतिरिक्त अन्य अन्वेषण-क्रियाएँ भी हुईं जिनसे मिट्टी में स्थित पूर्ण द्रव्यों का पता चलता है, लेकिन आज तक वैज्ञानिक इनका सम्बन्ध उपज से स्थापित नहीं कर सके।

मिट्टी का वर्गीकरण

आधुनिक मिट्टी-विज्ञान अब इस खोज में है कि मिट्टी का वर्गीकरण किस प्रकार हो सकता है। वर्गीकरण के लिए मिट्टी के भौतिक गुणों का अनुसरण किया गया है। इन भौतिक गुणों में प्रतिशत बालू के कण, सिल्ट (Silt, गाद), केवाल (Clay, चिकनी मिट्टी), मिट्टी-विन्यास (Texture) और रचना (Structure) प्रधान स्थान रखते हैं।

वर्गीकरण में इस विषय का भी ध्यान रखा गया है कि मिट्टी किस प्रकार की चट्टानों से बनी है और उसमें कौन-कौन से खनिज पदार्थ हैं। मिट्टी में स्थित गुण जलवायु पर निर्भर हैं तथा जो पौधे उनके सहारे उपजते हैं, उनसे भी उनका सम्बन्ध है।

रूस के मिट्टी-वैज्ञानिकों ने इस विषय पर अनुसंधान करते हुए मिट्टी का वर्गीकरण बड़ी ही सफलतापूर्वक किया है। इन वैज्ञानिकों का मत है कि मिट्टी की उत्पत्ति और बनावट जलवायु पर निर्भर है।

१८७९ में डोकाशेव (Dokuchiev) नामक रूसी वैज्ञानिक ने इस सिद्धान्त पर सारे विश्व में स्थित मिट्टियों की जाँच की और उनका वर्गीकरण किया। उसने

बतलाया कि समस्त पृथ्वी पर की मिट्टियों को दो भागों में विभाजित किया जा सकता है—

(१) पहली मिट्टी, जो पौडसोल (Podsol) काली मिट्टी और सोलानेज (Solancj) के नाम से प्रसिद्ध है। इसे "समान" मिट्टी कहते हैं।

(२) दूसरी "असमान" (Extranormal) मिट्टी, जो कछार मिट्टी कहलाती है और हवा, पानी इत्यादि द्वारा बहाकर लायी गयी है।

१८८६ ई० में रिक्टोफेन (Richtofen) ने मिट्टी के वर्गीकरण के लिए एक दूसरी विधि निकाली। यह मिट्टी के ऋतुक्षरण (weathering) पर निर्भर है। इस विधि में चट्टानों के वर्गीकरण का समावेश है, इसलिए यह मिट्टी-विज्ञान के लिए उपयुक्त नहीं है। सिबिर्जेव (Sibirrtzev) ने १८९८ ई० में एक उन्नत वर्गीकरण की विधि निकाली, जिसमें वर्गीकरण जलवायु, जीवजन्तु, भौतिक और भौगोलिक क्रिया तथा उत्पादन द्रव्य (parent naterial) पर निर्भर था। इस सिद्धान्त के अनुसार मिट्टी के वर्गीकरण में उष्णता, तापमान और वर्षा का अनुपात अत्यन्त आवश्यक माना गया है। लैंग और मेयर (Lang and Mayer) ने वर्षा और उष्णता के अनुपात द्वारा जलवायु का एक रूप निर्धारित किया, जिसके आधार पर मिट्टी का वर्गीकरण किया जा सकता है। इस सिद्धान्त पर मिट्टी तीन भागों में विभक्त की गयी—

१. कटिबन्धीय मिट्टी (Zonal soils)
२. अभ्यन्तर कटिबन्धीय मिट्टी (Intriazonal soils)
३. अकटिबन्धीय मिट्टी (Azonal soils)

(१) **कटिबन्धीय मिट्टी** (Zonal soils)—ये मिट्टियाँ वे हैं जो पूर्णरूप से बन चुकी हैं और परिपक्व हैं तथा जिन पर जलवायु का प्रभाव पूर्णरूप से पड़ चुका है।

(२) **अभ्यन्तर कटिबन्धीय मिट्टी** (Intriazonal soils)—ये मिट्टियाँ वे हैं जो कटिबन्धीय मिट्टी के अन्दर आती हैं। ये मिट्टियाँ किसी अन्य क्रिया द्वारा कटिबन्धीय मिट्टी के अन्दर बन जाती हैं। जैसे—क्षार, चूना मिट्टी तथा अम्ल मिट्टी भी इसी वर्गीकरण में आती हैं।

(३) **अकटिबन्धीय मिट्टी** (Azonal soils)—ये मिट्टियाँ वे हैं जो वायु और पानी द्वारा बहाकर लायी गयी हैं। ये कछार-मिट्टी के नाम से प्रसिद्ध हैं। इन पर जलवायु का पूर्ण प्रभाव नहीं पड़ा है और ये अपरिपक्व हैं। सिविर्जेव के इस वर्गीकरण को संसार के सभी वैज्ञानिकों ने एक महत्त्वपूर्ण सिद्धान्त रूप में मान लिया

है। इसके पश्चात् हिलगार्ड (Hillguard) ने १९१० ई० में मिट्टी के वर्गीकरण पर और अधिक प्रकाश डाला। उनके मतानुसार मिट्टी दो भागों में विभाजित की जा सकती है। एक वह जो आक्लिन्न (Humid) प्रदेश में बनी, और दूसरी वह जो शुष्क (Arid) प्रदेश में बनी। जलवायु का वर्गीकरण भी किया गया, जैसे शुष्क जलवायु, अति शुष्क जलवायु तथा नातिशुष्क जलवायु वैसे ही आक्लिन्न जलवायु और नातिक्लिन्न जलवायु। १९१४ ई० में ग्लिनका (Glinka) ने मिट्टी के वर्गीकरण में मिट्टी के पार्श्व दृश्य की जाँच और अध्ययन की प्रधानता बतलायी। उसने मिट्टी को दो भागों में बाँटा—एक परिपक्व मिट्टी और दूसरी अपरिपक्व मिट्टी। १९२६-२७ ई० में वाइलेन्सकी (Vilensky) ने मिट्टी को जलवायु के परिवर्तन पर चार भागों में बाँटा—

१. तापजनक (Thermogenic) मिट्टी, अर्थात् वह मिट्टी जो उष्ण प्रदेश में होती है।

२. अति तापजनक (Phytogenic) मिट्टी, अर्थात् वह मिट्टी जो अति उष्ण प्रदेश में पायी जाती है।

३. उदजनिक (Hydrogenic) मिट्टी, अर्थात् वह मिट्टी जो शीत प्रदेश में पायी जाती है।

४. शुष्क (Halogenic) मिट्टी, अर्थात् वह मिट्टी जो अति शीत प्रदेश में पायी जाती है।

गेदरोया (Gedroiz) ने सन् १९२९ ई० में केवाल (Clay) पर होनेवाली विनिमय क्रिया के आधार पर मिट्टी को विभाजित किया।

नौस्ट्रेव और स्टेबट (Neustreueve and Stebutt) ने मिट्टी में स्थित जल के ऊपर, जो मिट्टी में विलयन का कार्य और द्रव्य को स्थानान्तरित करता है, मिट्टी के वर्गीकरण की प्रणाली बनायी। १९२८ ई० में मार्बट (Marbut) ने विशेष रूप से विस्तृत प्रणाली के अनुसार समस्त पृथ्वी की मिट्टी दो भागों में विभक्त की। एक का नाम पेडाकोल (Pedacol) और दूसरी का पेडालफर (Pedalefr) रखा गया। पेडाकोल वह मिट्टी है जिसकी सतह के नीचे कैलसियम कार्बोनेट (Calcium carbonate) अधिक मात्रा में जमा हो जाता है। इस प्रकार की मिट्टी शुष्क जलवायु में पायी जाती है।

पेडालफर वह मिट्टी है जिसमें कैलसियम कार्बोनेट नहीं पाया जाता और जो आक्लिन्न (Arid) जलवायु में पायी जाती है। आगे चलकर इस वर्गीकरण के

प्रत्येक भाग को अन्य भागों में बाँट दिया गया, जिसका उल्लेख इस पुस्तक में आया है। १९४६ ई० में रिचार्डसन (Richardson) ने मार्बट (Marbut) के वर्गीकरण को अपनाते हुए यह बतलाया कि इस वर्गीकरण का कृषि पर क्या प्रभाव पड़ता है। १९३३ ई० में सिगमौन्ड (Sigmond) ने एक वर्गीकरण का उल्लेख किया, जो अन्य वर्गीकरणों से भिन्न है। इसके अनुसार मिट्टी तीन भागों में बाँट दी गयी है। एक वह जिसमें कार्बनिक पदार्थ ज्यादा मात्रा में पाये जाते हैं, दूसरा वह जिसमें कार्बनिक और अकार्बनिक दोनों ही द्रव्य मिश्रित हैं, और तीसरा वह जिसमें अकार्बनिक द्रव्य हैं। भारतवर्ष में वर्गीकरण की क्रिया बहुत देर से प्रारम्भ की गयी, परन्तु हर्ष की बात है कि भारत सरकार की दृष्टि अब इस ओर आकृष्ट हुई है और अब हर सूबे में वर्गीकरण कार्य के लिए एक अलग कार्यशाला बनायी जा रही है और कार्यकर्त्ता नियुक्त हो रहे हैं।

१९२२ ई० में श्री वसु ने डेकान कनाल के, जो पाडेगाँव (बम्बई) में है, किनारे की मिट्टियों का वर्गीकरण किया। इस वर्गीकरण में ईख की खेती ही प्रधान ध्येय थी। लेखक ने बिहार प्रान्त की मिट्टी का वर्गीकरण १९४०-१९५० ई० के बीच में किया। इस वर्गीकरण द्वारा बिहार की मिट्टी छः (६) भागों में बाँट दी गयी, जिसका विशेष उल्लेख पुस्तक में किया गया है। राय चौधरी ने पूरे भारतवर्ष की मिट्टी की जाँच करके उसके वर्गीकरण में अत्यन्त सूक्ष्म विशेषता और पाण्डित्य का परिचय दिया है।

ऊपर के उल्लेख से यह पता चलता है कि मिट्टी का वैज्ञानिक अनुसंधान किस महान् प्रयत्न द्वारा पिछले ३०० वर्षों से इस पद पर आ पहुँचा है कि आज हम विश्लेषण (Analysis) और संश्लेषण (Synthesis) क्रिया द्वारा यह बतला सकते हैं कि अमुक मिट्टी किस प्रकार की है और इसका प्रभाव आनेवाली फसल पर क्या पड़ेगा। यह भी भविष्यवाणी मिट्टीविज्ञान आज करने को तैयार है कि अमुक खेत की मिट्टी पर यदि भिन्न-भिन्न प्रकार की फसलें उगायी जायँ तो इन फसलों का उत्पादन कितनी मात्रा में होगा।

वर्तमान समय में नयी विश्लेषण-क्रियाओं का अनुसंधान हो रहा है, जिनमें रेडियो ऐक्टिव आइसोटोप का व्यवहार किया जायगा। ये आइसोटोप परमाणु-विच्छेदन कार्यालय से प्राप्त होते हैं। परमाणु-विच्छेदन क्रिया आज एक महान् आविष्कार का रूप धारण कर रही है। इसके कारण पृथ्वी पर हर्ष और विषाद दोनों के ही भाव प्रकट किये जा रहे हैं।

परमाणु बम से हम नाश की संभावना का अनुमान लगाते हैं, परन्तु परमाणु विच्छेदन क्रिया में एक ही तत्त्व के भिन्न-भिन्न परमाणु-भार वाले परमाणु प्राप्त होते हैं, पर उनके अन्य भौतिक और रासायनिक गुण समान होते हैं। कुछ तत्त्व ऐसे भी हैं जो दो परमाणु-भार वाले हैं। एक साधारण और दूसरा रेडियो ऐक्टिव है। इस पिछले प्रकार के तत्त्व बहुत शीघ्र विश्लेषण क्रिया द्वारा जाने जा सकते हैं कि मिट्टी में तथा पौधों में उनका अंश कितना है। यदि ऐसे रेडियो ऐक्टिव तत्त्व मिट्टी में डाल दिये जायँ, तो मिनट भर के अन्दर एक विशेष यन्त्र द्वारा यह पता चल जायगा कि अमुक तत्त्व ने मिट्टी से पौधों में कितनी मात्रा में प्रवेश किया।

दूसरा परिच्छेद

मिट्टी की रचना और उत्पत्ति, मिट्टी में खनिज पदार्थ

(१) मिट्टी-वर्णन

(१) मिट्टी-वर्णन—मिट्टी पृथ्वी के ऊपरी तल की बहुत ही पतली सतह है। कभी-कभी तो बहुत थोड़ी गहराई में इसके नीचे चट्टान मिल सकती है। जहाँ प्रकृति ने मिट्टी में अधिक हेर-फेर नहीं किया और जलवायु का प्रभाव बहुत नहीं पड़ा, वहाँ यह संभव है कि हम नीचे की चट्टान से ऊपर की मिट्टी का संबन्ध क्रमबद्ध रूप में स्थापित कर सकें। यद्यपि ऊपर की सतह की मिट्टी का रंग व रूपरेखा नीचे की चट्टान से विल्कुल भिन्न है, फिर भी दोनों में रासायनिक संबंध है और यदि प्राकृतिक क्रिया द्वारा दूसरे स्थल से मिट्टी जलस्रोत द्वारा बहाकर अथवा वायु द्वारा उड़ाकर नहीं लायी गयी है, तब यह सम्बन्ध पूर्णरूप से स्थापित किया जा सकता है। चट्टान के ऊपर एक स्तर ऐसा भी पाया जा सकता है जो चट्टान से ही बना है और अभी प्राकृतिक क्रियाओं द्वारा पूर्णतः मिट्टी के रूप में नहीं आया है। सिर्फ चट्टान के मोटे-मोटे टुकड़े हो गये हैं और वे न तो मिट्टी कहे जा सकते हैं और न चट्टान ही के रूप में वर्णित किये जा सकते हैं। इन्हीं के ऊपरी स्तर में मिट्टी की बनावट पायी जाती है। इसी स्तर में हमें नीचे की चट्टान के रासायनिक और भौतिक गुणों का संचय मिल सकता है। यदि चट्टान केलासीय (Crystalline) है, तब तो इसकी सम्भावना शत-प्रतिशत ठीक है। नीचे की चट्टान के अत्यन्त निकटवर्ती पार्श्व भाग में चट्टान के अनुकूल रासायनिक और भौतिक गुण प्राप्त हो सकते हैं और जैसे-जैसे ऊपर की ओर दूरी बढ़ती जायगी, चट्टान की रूपरेखा भी बदलती जायगी। अन्त में हम वह मिट्टी पाते हैं जो कृषि के लिए अत्यन्त अनुकूल सिद्ध हुई है और जिस पर आदि काल से—जब से मनुष्य की सृष्टि हुई—कृषि की प्रणाली चल रही है तथा मनुष्य फसल पैदा करके अपनी जीवन-यात्रा सफलतापूर्वक पूर्ण करता आ रहा है।

मिट्टी की उत्पत्ति का यह वर्णन, जो चट्टानों से सम्बन्ध रखता है, केवल खास-खास मिट्टियों के लिए ही अनुकूल और उचित पाया गया है, उन्हीं मिट्टियों के लिए जो नीचे की चट्टान से बनी हैं और उसी चट्टान के ऊपरी भाग पर जमा हो गयी हैं। किन्तु कोई-कोई मिट्टी प्राकृतिक कारणों से, दूसरी जगह की चट्टानों द्वारा बनकर आ जाती है। ऐसे स्थानों में यह सम्भावना नहीं है कि ऊपर की मिट्टी का भौतिक और रासायनिक सम्बन्ध नीचे की चट्टान से स्थापित किया जाय। किन्तु यह तो प्रमाणित ही है कि मिट्टी की उत्पत्ति चट्टानों से हुई है। खेतों में जो मिट्टी पायी जाती है उसमें चट्टानों में पाये जानेवाले खनिज के साथ पेड़-पौधों के सड़ने से जो कार्बनिक पदार्थ उत्पन्न होते हैं, वे भी पाये जाते हैं।

सूक्ष्मदर्शक यन्त्र द्वारा तथा अन्य रासायनिक विश्लेषण-क्रिया द्वारा यह पता चलता है कि इन चट्टानों की छीजन-क्रिया बहुत धीरे-धीरे, प्रकृति में पाये जानेवाले रासायनिक द्रव्यों के प्रभाव से, होती है। चट्टानों के रासायनिक अवयव भी बदल जाते हैं और मिट्टी की रूप-रेखा बिल्कुल विभिन्न प्रतीत होती है। यदि चट्टान का छीजना ही मिट्टी के बनने में एक प्रधान क्रिया होती, तो हम आज खेतों की मिट्टी को पौधों के पनपने के अनुकूल कभी नहीं पाते। मिट्टी की तुलना पीसी हुई बारीक चट्टान से नहीं की जा सकती। यद्यपि चट्टानों के खनिज मिट्टी के ऊपरी भाग में बहुत पाये जाते हैं और उनके टुकड़े भी बड़े प्रमाण में वर्त्तमान रहते हैं, फिर भी मिट्टी में जीव-जन्तु होने के कारण उसमें बहुत-सी रासायनिक क्रियाएँ होती रहती हैं और पेड़-पौधों के सड़ने से तथा उपजने से कई ऐसी क्रियाएँ हो जाती हैं जो कृषि के लिए महत्त्वपूर्ण साबित हुई हैं। जीव-जन्तुओं तथा इनसे सम्बन्ध रखनेवाले पदार्थों, जैसे पेड़-पौधों की सड़ी हुई वस्तुओं और सड़े हुए जीव-जन्तुओं द्वारा, चट्टानों की छोटे-छोटे कणों (जो कलिल अवस्था को प्राप्त रहते हैं) पर प्रतिक्रिया होती रहती है और इस कारण से मिट्टी का रंग-रूप बदल जाता है। वह सिर्फ चट्टानों के कणों का रूप नहीं रखती, वह एक नवीन प्रणाली में, नवीन वेष-भूषा से सुसज्जित हो जाती है। हम सूक्ष्मदर्शी से मिट्टी के एक टुकड़े की परीक्षा करें और दूसरी ओर उसी यन्त्र द्वारा इन चट्टानों के कण की परीक्षा करें, तब हम दोनों में जमीन-आसमान का अन्तर पायेंगे। यह अन्तर उन अकार्बनिक पदार्थों के सम्मिलन से होता है, जो जीव जन्तु और पौधों से प्राप्त होते हैं।

प्राकृतिक क्रियाओं द्वारा चट्टानों का छोटे-छोटे कणों में परिवर्तन होने से मिट्टी के बनने में जो सहायता होती है, उस क्रिया को "ऋतुक्षरण" या "छीजन" (Wea-

thering) कहते हैं। इस क्रिया का रासायनिक और भौतिक वर्णन इस पुस्तक में आगे चलकर होगा। यहाँ पर यह कह देना अत्यन्त आवश्यक है कि यह क्रिया महत्त्वपूर्ण है और इसके कारण ही हम पृथ्वी पर मिट्टी को कृषि के अनुकूल पाते हैं। इस क्रिया में जल, हवा में स्थित ऑक्सिजन, कार्बन-डाई-आक्साइड तथा जीवाणुओं द्वारा, अन्य अम्लिक (Acids) रासायनिक द्रव्यों की अपेक्षाब हुत सहायता मिलती है।

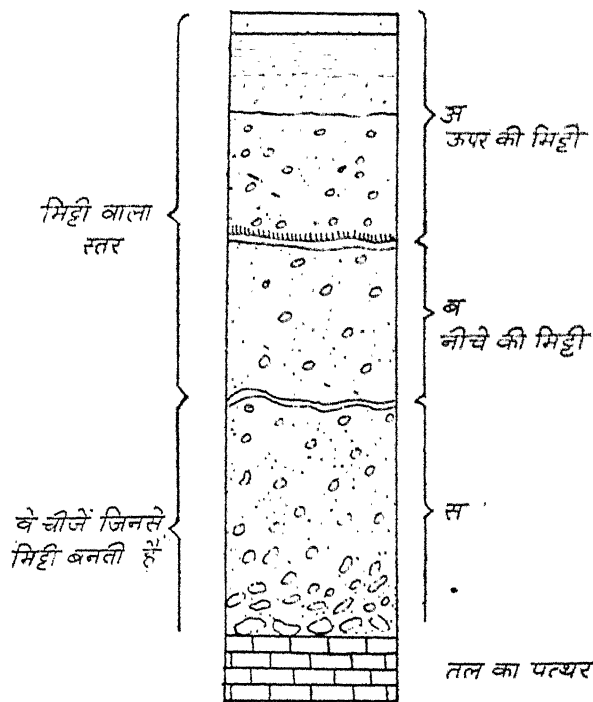
(२) मिट्टी के पार्श्व दृश्य और उसके संस्तर[1]

यह मानी हुई बात है कि जिस मिट्टी पर प्राकृतिक क्रियाएँ होती रहती हैं, जल का प्रपात तथा वायु और सूर्य-किरणों का संसर्ग होता रहता है, वह कुछ वर्षों में ऐसा रूप धारण करेगी, जिससे उसके नीचे भिन्न रूप, रंग और गुणवाली मिट्टी के बहुत-से संस्तर हो जायेंगे। यदि हम मिट्टी के ऊपरी स्तर पर नीचे की ओर १० या १२ फुट का गड्ढा खोदें और मिट्टी के पार्श्व का अवलोकन करें तो हमें नियमित रूप से कई भिन्न-भिन्न रूप-रंग और रचना की मिट्टी एक स्तर से दूसरे स्तर तक मिलती जायगी। वैज्ञानिकों ने इसके तीन ही प्रधान स्तर माने हैं और वे किन-किन कारणों से और किन-किन परिस्थितियों में पाये जाते हैं, इसका भी वर्णन किया है।

प्रस्तुत पुस्तक में मिट्टी के वर्गीकरण सम्बन्धी अध्याय में इस विषय पर विस्तार-पूर्वक विचार किया गया है। यहाँ पर यही कह देना यथेष्ट होगा कि मिट्टी के पार्श्व में भिन्न-भिन्न संस्तर जल के परिच्यवन (Leaching) से बनते हैं। जल मिट्टी के ऊपरी संस्तर पर से होते हुए और बहुत-से रासायनिक द्रव्यों को लेते हुए नीचे के संस्तर में जाता है और वहाँ मिट्टी के साथ मिलकर अनेक रासायनिक क्रियाओं द्वारा मिट्टी के रंग-रूप को बदल देता है। इस तरह ऊपर से द्रव्य आकर नीचे के संस्तर में जमा हो जाते हैं। **चित्र सं० (१ क)** में तीन प्रधान संस्तरों को दिखलाया गया है।

इसमें एक है ऊपरी संस्तर, जिससे जल द्वारा विलयन होकर द्रव्य नीचे की ओर जाते हैं, अथवा अवक्षेपण क्रिया (Precipitation) द्वारा नीचे के स्तर में जमा हो जाते हैं। इस ऊपरी संस्तर को हम 'अ' संस्तर कहते हैं। दूसरा वह संस्तर है जिसमें ऊपर वर्णन की गयी क्रिया द्वारा द्रव्य आकर जमा होते हैं। इसको हम "ब" संस्तर कहते हैं। तीसरा संस्तर उसके नीचे है, जिससे ऊपर की मिट्टी बनी है। इसे हम 'स' संस्तर कहते हैं। इस संस्तर को दूसरे शब्दों पैतृक संस्तर (Parent

1. Soil profile and horizons.

horizon) भी कहा जाता है। यह नाम इसलिए सार्थक है कि इसी संस्तर से ऊपर वाली मिट्टी की उत्पत्ति हुई है। इस संस्तर में चट्टान और उससे बने बड़े-बड़े कण (Debries) पाये जाते हैं। हर एक संस्तर में—प्राय: 'अ' और 'ब' संस्तर

चित्र १ क—मिट्टी के तीन प्रधान संस्तर

में भिन्न-भिन्न संस्तर सम्मिलित रहते हैं। संस्तरों का क्रमबद्ध सम्बन्ध दिखलाना अति कठिन समस्या है। इस समस्या को पहले-पहल रूस के वैज्ञानिकों ने हल किया था और अब इस पर आस्ट्रिया और अमेरिका में उच्चकोटि का अनुसंधान हो रहा है।

सबसे कठिन समस्या तब प्रकट होती है जब मिट्टी के ऊपरी संस्तर का कुछ अंश अपक्षरण (Erosion) द्वारा फट जाता है। कभी-कभी तो सम्पूर्ण 'अ' संस्तर का कटाव हो जाता है और ऊपर 'स' संस्तर रह जाता है।

इन संस्तरों के आन्तरिक सम्बन्ध पर जिस विज्ञान के क्षेत्र में अनुसंधान होता है, उसे पेडौलोजी (Pedology) कहते हैं। इस विज्ञान से मिट्टी के वर्गीकरण में

अधिक सहायता मिली है। यह आधुनिक विज्ञान है और इसकी उत्तरोत्तर उन्नति होती जा रही है। अब यह प्रायः सिद्ध हो गया है कि मिट्टी की ऊपरी सतह के भौतिक और रासायनिक गुणों को जान लेने से ही कृषि को लाभ नहीं हो सकता। पौधों की बढ़ती को जानने के लिए तथा कृषकों को सलाह देने के लिए यह आवश्यक है कि मिट्टी के विभिन्न संस्तरों का भौतिक और रासायनिक गुण और इनका आपस में सम्बन्ध जान लिया जाय।

मिट्टी में विभिन्न प्रकार के कण हैं जिनका वर्णन हम आगे चलकर करेंगे। इनमें जो आयतन न्यून मात्रा के कण हैं वे मिट्टी को उर्वरा बनाने के लिए अत्यन्त आवश्यक हैं। उनके कारण मिट्टी में अवचूर्ण रचना (Crumle structure) की उत्पत्ति होती है। इस रचना द्वारा मिट्टी के जल-शोषण की क्रिया बढ़ जाती है तथा अन्य विभिन्न प्रकार के पौधों के लिए खाद्य पदार्थ भी शोषित होते हैं।

मिट्टी के रंग-रूप की पहचान भी अत्यन्त आवश्यक है। विभिन्न प्रकार के रंग उसकी रासायनिक तथा भौतिक क्रियाओं के द्योतक हैं। ये रंग मिट्टी के इतिहास और उत्पत्ति को बतलाते हैं। काले, भूरे, लाल, धूसर तथा उजले रंग पाये जाते हैं और इनके विभिन्न मिश्रणों से कई प्रकार के रंग उत्पन्न होते हैं। अधिकतर इन रंगों की उत्पत्ति सिलिका, लोह और ह्यूमस से सम्बन्ध रखती है। भूरे और लाल रंग की मिट्टियों में लोह का सम्मिश्रण अधिक है। परिच्यवन (Leaching) और घुलनशील द्रव्यों का अवसादन (Deposition) मिट्टी के रंगों को बदलता रहता है। कभी-कभी मिट्टी के नीचे के संस्तर में लाल, भूरे और पीले रंग के धब्बे दिखाई देते हैं। ये धब्बे लौह नामक द्रव्यों के उद्विलयन से निर्मित हुए हैं।

नीचे की व्याख्या में हम अब मिट्टी की उत्पत्ति, बनावट तथा खनिज पदार्थों का वर्णन करते हैं।

मिट्टी की उत्पत्ति और बनावट

(क) मिट्टी के बनने की क्रिया—खेत की सभी मिट्टियाँ जिनमें अन्न उपजता है, पहाड़ों की चट्टानों से बनी हैं, अथवा चट्टानों पर स्थित होने के कारण नीचे की चट्टानों से बनी है। कहीं-कहीं नीचे की चट्टानों से बनी मिट्टी पानी और हवा से बहकर अन्य जगहों में जमा हो जाती है। इन क्रियाओं के कारण मिट्टी को कई भागों में विभक्त किया गया है। अगले पृष्ठ की सारणी (संख्या ६) में मिट्टी के बनने की भिन्न-भिन्न क्रियाएँ दिखलायी गयी हैं।

सारणी संख्या ६

नीचे के चित्र में अनेक क्रियाओं द्वारा बनी हुई मिट्टियों के भिन्न-भिन्न संस्तर दिखलाये गये हैं।

चित्र १ ख—विभिन्न प्रकार की मिट्टियों के भिन्न-भिन्न संस्तर

चित्र के 'क' भाग में मिट्टी के पार्श्व-दृश्य का रूप है, जो नीचे की चट्टान से बनकर तथा परिपक्व होकर खेती के लिए सम्पूर्ण रूप से प्रकृति द्वारा तैयार हो गया है।

चित्र के 'ख' भाग में उस मिट्टी का पार्श्व-दृश्य है जो बना तो है नीचे स्थित चट्टान से, लेकिन अपरिपक्व दशा में है।

चित्र के 'ग' भाग में उस मिट्टी का पार्श्व-दृश्य है जो दूर से आकर चट्टान पर स्थित हो गयी है।

चट्टानों की बनावट तथा उनके अध्ययन को 'भूगर्भशास्त्र' कहते हैं। चट्टानों के परिवर्तन से मिट्टी की रचना होती है। इस अध्ययन को 'मिट्टी भूगर्भशास्त्र' कहते हैं। इस विज्ञान की खोज मिट्टी तक ही सीमित नहीं है। इसमें चट्टानों के अन्दर दबे हुए जीवों और पौधों सम्बन्धी अनुसंधान भी शामिल है। मिट्टी का अधिकांश भाग खनिज पदार्थ से बना है। मिट्टी में जीवांश, कार्बनिक (organic) पदार्थ कम मात्रा में पाये जाते हैं। इसका और मिट्टी में स्थित जीवों एवं कीटाणुओं का उल्लेख आगे चलकर होगा। मिट्टी के भूगर्भशास्त्र (Geology) का कृषि से बहुत ही अधिक सम्बन्ध है। कृषकों को मालूम होना चाहिए कि कौन-सी मिट्टी किस कार्य के लिए सुविधाजनक है। कौन-सी मिट्टी कितना पानी ग्रहण कर सकती है और कितनी उपज हो सकती है, यह भी चट्टानों की बनावट पर निर्भर है, जिनसे विभिन्न प्रकार की 'मिट्टियाँ बनी हैं। विभिन्न चट्टानों में विभिन्न प्रकार के खनिज पदार्थ पाये जाते हैं। विभिन्न चट्टानों से बनी हुई मिट्टियाँ भिन्न-भिन्न रूप धारण करती हैं और उनके भिन्न-भिन्न भौतिक तथा रासायनिक गुण होते हैं।

चट्टानों में विभिन्न प्रकार के खनिज पाये जाते हैं। इनकी भिन्न-भिन्न प्रकार की रासायनिक रचना पायी जाती है। इनका बाह्य रूप अति कठोर तथा अति ढीला और जल्द टूटनेवाला भी हो सकता है।

चट्टानें प्रायः तीन प्रकार की होती हैं—

१. आग्नेय (Igneous)
२. पात्तालिक (Sedimentory)
३. रूपान्तरित (Metamorphic)

१. आग्नेय (Igneous)—आग्नेय चट्टानें दो प्रकार की होती हैं। एक एसिडिक तथा तेजाबी और दूसरी बेसिक। एसिडिक आग्नेय चट्टान ग्रानाइट (Granite), क्वार्ट्ज (Quartz) तथा फेल्सपार (Felspar) से निर्मित होती है। यह सबसे प्राचीन चट्टान है। ज़ब पृथ्वी के दहकते हुए गोले ने शीतलता को

प्राप्त होकर स्थूल (solid) रूप धारण किया, तभी इस जाति की चट्टानें बनीं। ये कठोर जाति की होती हैं। इनमें बालू के अनेक रासायनिक मिश्रण मिलते हैं। ये परतदार (Stratified) नहीं होतीं।

सिलिका के आधार पर एसिड आग्नेय (Acid Igneous) तथा बेसिक आग्नेय (Basic Igneous) चट्टानें अलग-अलग विभक्त हैं। एसिड आग्नेय चट्टान में सिलिका की मात्रा ६५ प्रतिशत से ८५ प्रतिशत है; जैसे ग्रानाइट चट्टान (Granite rock)।

२. **पात्तालिक** (Sedementory)—आग्नेय चट्टान वायु और जल के प्रभाव से अन्य स्थान पर दब जाती है और कई परतों में दबने के बाद चट्टान एक रूप-रेखा धारण कर लेती है। उसे ही पात्तालिक चट्टान (Sedimentory) कहते हैं।

३. **रूपान्तरित** (Metamorphic)—भौतिक क्रिया द्वारा छोटे-छोटे कण और बालू दबाव में पड़कर परतदार चट्टान बन जाते हैं। इसको रूपान्तरित चट्टान कहते हैं।

इसका विशेष वर्णन आगे आनेवाले प्रसंग में किया जायगा।

(ख) मिट्टी पर बाह्य प्राकृतिक क्रियाओं का प्रभाव—खेत की मिट्टी एक स्वतन्त्र क्रियात्मक वस्तु है और इसकी बनावट बाह्य शक्ति पर निर्भर है। मिट्टी का सम्बन्ध जल-वायु से है और इसके साथ-साथ इसकी बनावट में जीव-जन्तु, पौधों की उपज, ऊँची-नीची जगह, समय तथा इसकी उत्पत्ति से सम्बन्ध रखनेवाले आदि-द्रव्यों का भी समावेश रहा है।

यह सम्बन्ध गणित शास्त्र द्वारा प्रमाणित किया गया है—

मिट्टी के किन्हीं गुणों को यदि हम "S" मान लें, जैसे मिट्टी में स्थित कार्बनिक द्रव्य, केवाल अथवा लौह द्रव्य, जो स्वतन्त्र रूप से स्थित है, तब हम इसमें से किसी भी गुण को जलवायु तथा मिट्टी-स्थित जीव कीटाणुओं के साथ सम्बन्वित कर सकते हैं।

नीचे दिये हुए समीकरण द्वारा यह सिद्ध किया जा सकता है—

समीकरण

$S = \int(Cl, o, r, P, t,)$

S= मिट्टी का कोई गुण

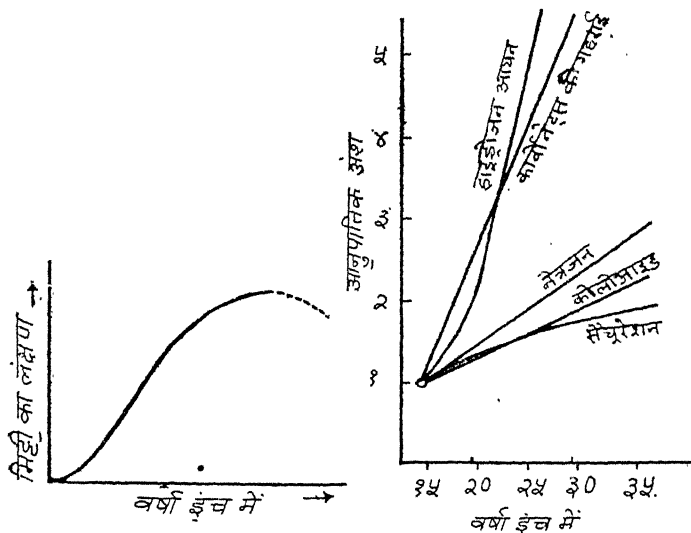
Cl= जलवायु

O= जीव, कीटाणु

r= भूमि का तल रूप (Topography))

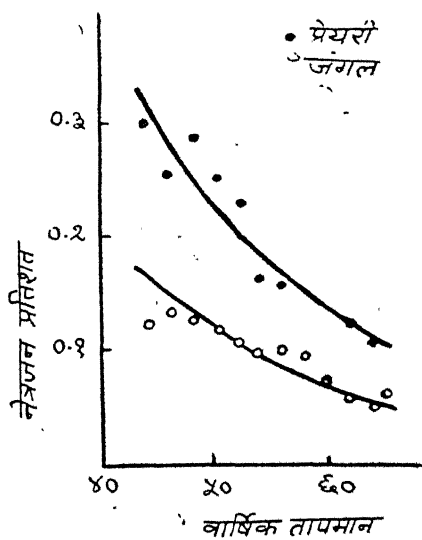
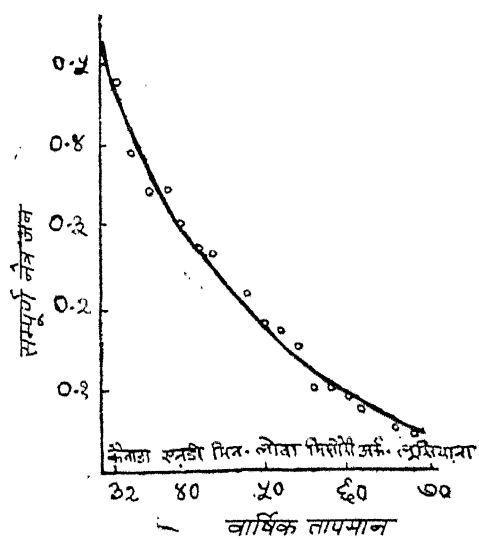
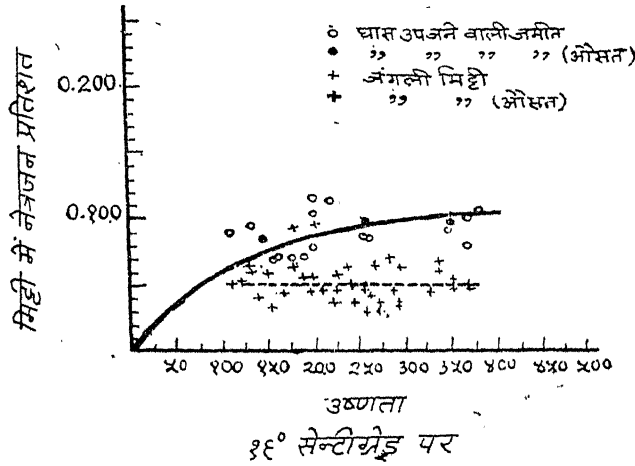
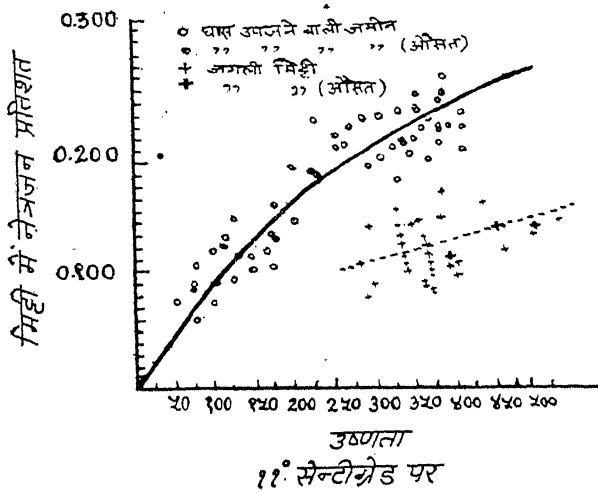
P= आर्द्र द्रव्य, जिसमें मिट्टी की रचना हुई

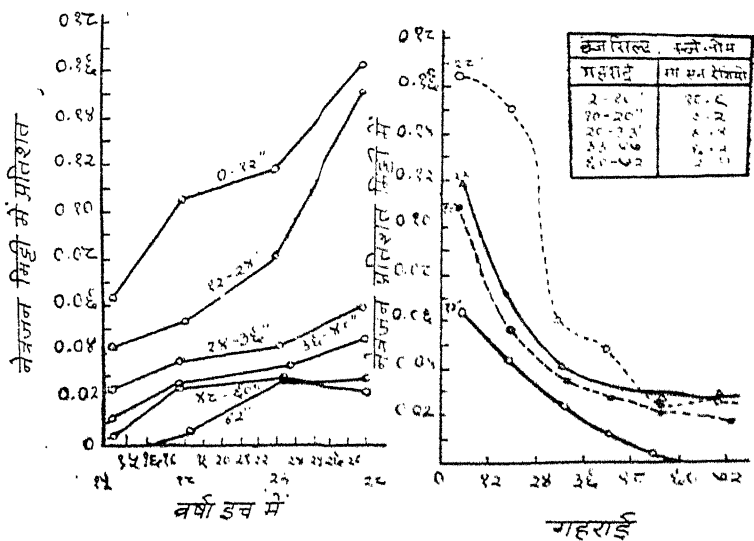
t= समय

जलवायु का मिट्टी के साथ सम्बन्ध चित्र संख्या २ में प्रदर्शित है। वर्षा जलवायु का एक प्रधान अंग है। इस चित्र में दिखलाया गया है कि प्रति वर्ष इंच की वर्षा का मिट्टी में स्थित नाइट्रोजन, कार्बोनेट्स की गहराई, कलिल तथा जलशोषण शक्ति पर क्या प्रभाव पड़ता है।

चित्र २—**जलवायु का मिट्टी के साथ संबंध**

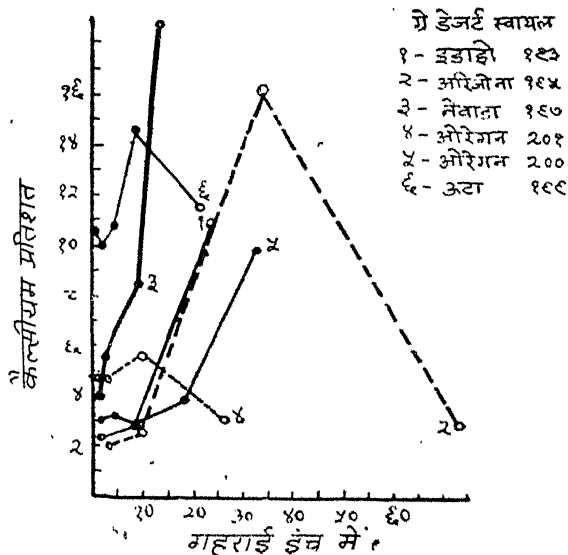
वर्षा के कारण मिट्टी में स्थित नाइट्रोजन अधिक मात्रा में बढ़ता जाता है। उक्त चित्र में दिखलाया गया है कि पन्द्रह इंच से लेकर पैंतीस इंच तक वर्षा के कारण नाइ-ट्रोजन में एक से लेकर तीन प्रतिशत तक वृद्धि हुई। उसी प्रकार हाइड्रोजन आयन, कार्बो-नेट, कलिल तथा पानी के प्रति मिट्टी की शोषण-शक्ति की उत्तरोत्तर वृद्धि होती गयी।

चित्र संख्या ३ क और ३ ख से प्रकट होता है कि जैसे-जैसे मिट्टी का तापमान बढ़ता जाता है, वैसे-वैसे नाइट्रोजन (नत्रजन) मिट्टी में घटता जाता है।

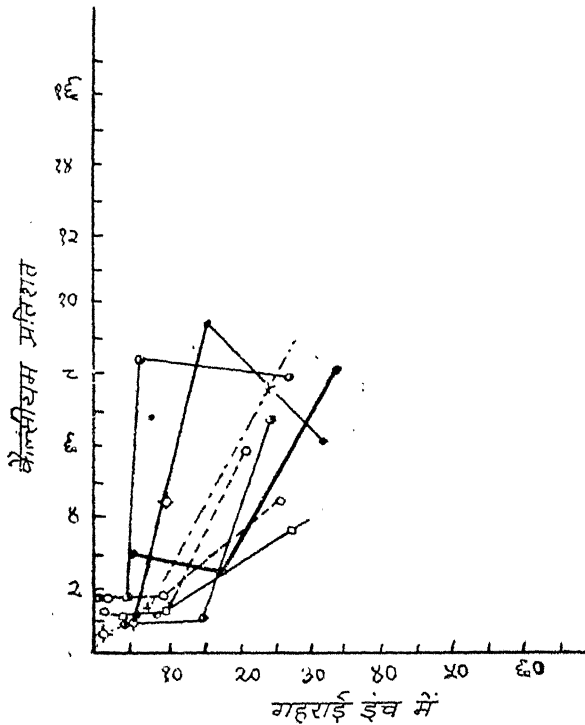
उष्णता के कारण भी मिट्टी में स्थित नाइट्रोजन (नत्रजन) प्रतिशत बढ़ता है। चित्र संख्या ४ क और ४ ख में यह दिखलाया गया है कि पचास से लेकर पाँच सौ तक उष्णता के अन्तर्गत पूर्ण नाइट्रोजन ०.२ प्रतिशत बढ़ता गया है।

३ क, ख—नाइट्रोजन पर तापमान का प्रभाव

चित्र ४ क—उष्णता १९° सेंटीग्रेड पर

चित्र ४ ख—उष्णता ११° सेंटीग्रेड पर

भिन्न-भिन्न जगहों में वर्षा की भिन्न-भिन्न मात्रा पड़ने पर मिट्टी में नाइट्रोजन की मात्रा में हेरफेर होता है तथा नाइट्रोजन का संबन्ध गहराई से भी हो जाता है।

चित्र ५—नाइट्रोजन पर वर्षा तथा गहराई का प्रभाव

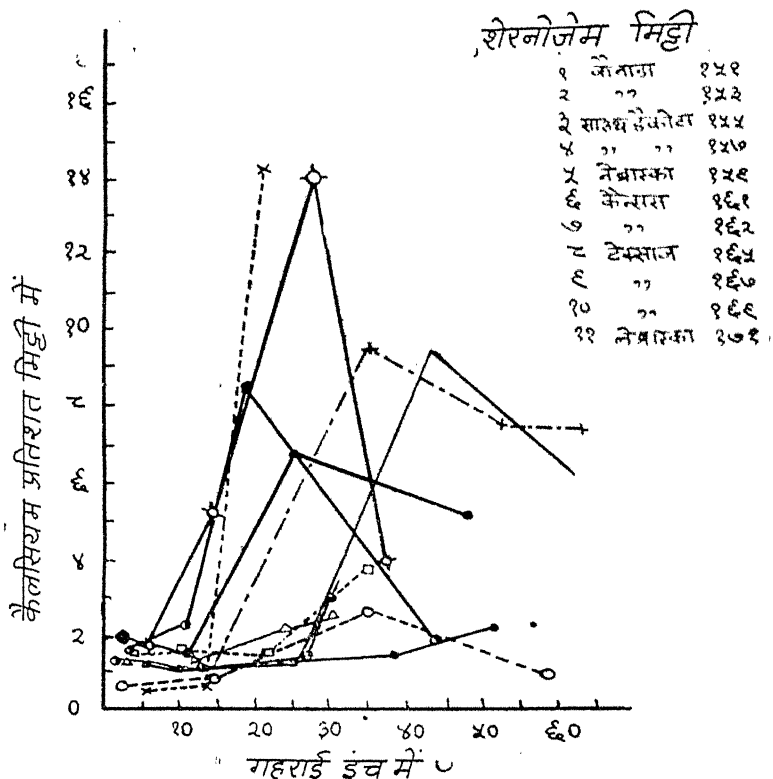
चित्र संख्या ५ में इसको दिखलाने का प्रयत्न किया गया है। भिन्न-भिन्न गहराइयों की मिट्टी का विश्लेषण करने पर यह पता चला है कि जैसे-जैसे गहराई बढ़ती गयी, नाइट्रोजन की मात्रा कम होती गयी।

भिन्न - भिन्न प्रकार की मिट्टियों में चूने की मात्रा गहराई के अनुसार बदलती जाती है। पाँच प्रकार की मिट्टियों की चर्चा यहाँ की जा रही है।

चित्र ६—गहराई के अनुसार चूने की मात्रा में हेर-फेर

१. मरुभूमि की भूरी मिट्टी (Grey desert Soil)—इस मिट्टी में चूने की मात्रा सतह की मिट्टी की अपेक्षा नीचे की मिट्टी में अधिक है। यह चित्र संख्या ६ से प्रकट है।

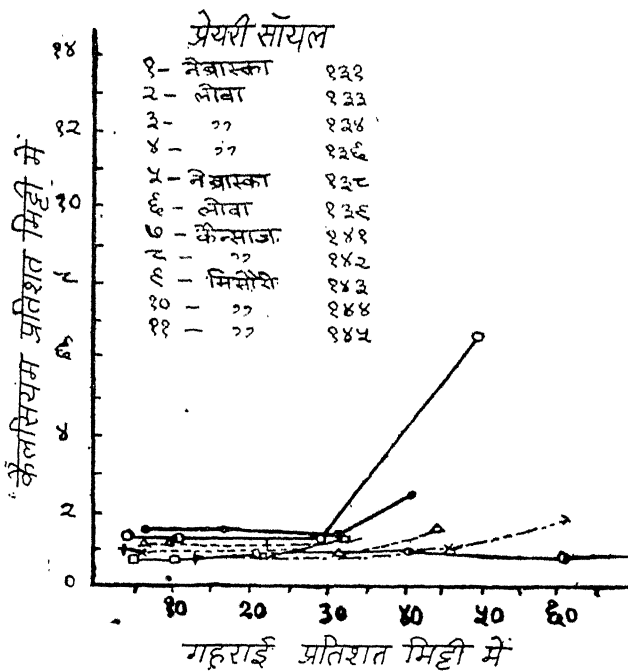
२. बादामी मिट्टी (Brown Soil)—इस मिट्टी में भी चूने की मात्रा नीचे के हिस्सों में उत्तरोत्तर बढ़ती जाती है। लेकिन ऊपर की सतह पर भूरी मिट्टी से इस में चूना कम रहता है, जैसा कि चित्र ७ में दिखलाया गया है। भूरी मिट्टी में सबसे ज्यादा चूना २० से ४० इन्च की गहराई में पाया जाता है, पर इस मिट्टी में सबसे ज्यादा चूना १० से ३० इन्च की गहराई में पाया जाता है।

चित्र ७—**बादामी तथा भूरी मिट्टी**

३. शेरनोजेम मिट्टी (Chernozem Soil)—इस प्रकार की मिट्टी की दशा भी वैसी ही है जैसी बादामी मिट्टी की है। परन्तु प्रति इन्च वर्षा का प्रभाव नीचे की ओर चूने की वृद्धि पर अत्यन्त अधिक है। सबसे ज्यादा चूना २० इंच से ४० इंच की गहराई

में पाया जाता है। ऊपर की सतह पर १० इंच की गहराई तक चूने की मात्रा अत्यन्त न्यून है। (चित्र संख्या ८)

चित्र ८—शेरनोजेम मिट्टी में चूने की मात्रा

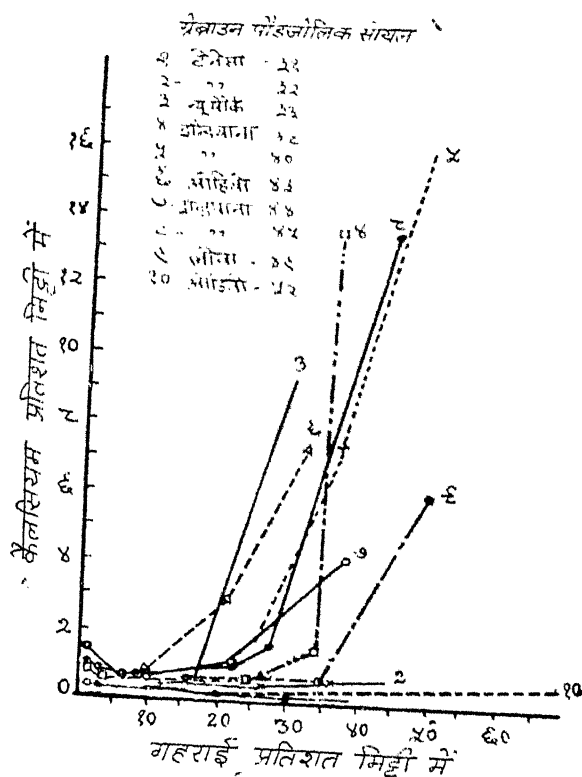
४. **वृक्षहीन मैदान की मिट्टी** ((Prairie Soil)—इस मिट्टी में चूने की मात्रा ऊपर की सतह से लेकर ३० इंच गहराई तक अत्यन्त न्यून है। फिर नीचे की गहराई में भी अधिकतर ६० इंच तक चूना बहुत कम है। इस प्रकार की मिट्टियाँ अन्य मिट्टियों से पूर्णतः भिन्न हैं। (चित्र संख्या ९)

५. **भूरी बादामी-पौडजोलिक मिट्टी** (Grey brown Podzolic Soil)—ये मिट्टियाँ जंगलों में जहाँ वर्षा की मात्रा अत्यन्त अधिक होती है, पायी जाती हैं। इन मिट्टियों में वृक्षहीन मिट्टियों से भिन्न चूने की मात्रा नीचे की गहराई में अधिक पायी

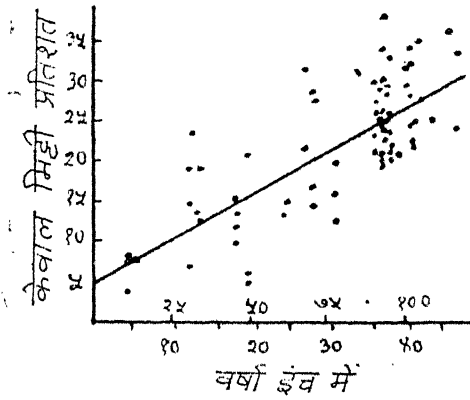
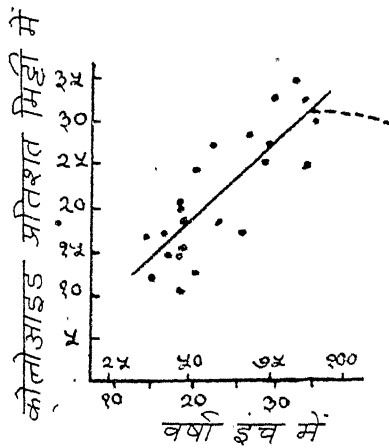
जाती है। १५ इंच गहराई तक तो चूना अत्यन्त कम है। फिर १५ से लेकर ४० इंच तक चूना अत्यन्त अधिक पाया जाता है। यह चित्र संख्या १० से प्रकट है।

चित्र ९—प्रेयरी मिट्टी में चूने की मात्रा

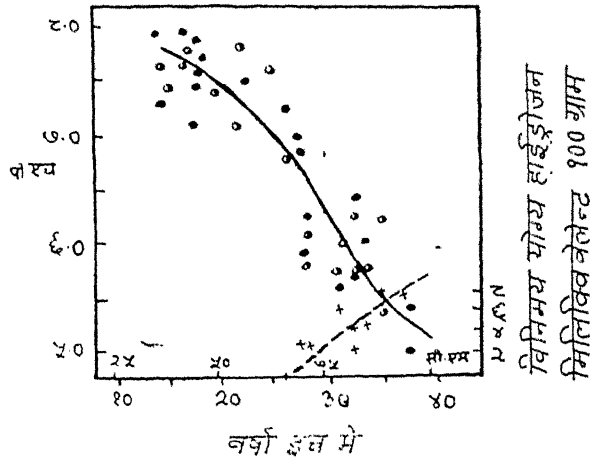
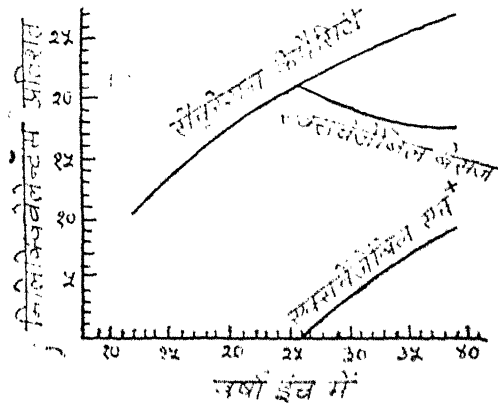
इन सब मिट्टियों की उत्पत्ति भिन्न-भिन्न जलवायु के द्वारा हुई है। भूरी मिट्टी और बादामी मिट्टी कम वर्षा के प्रान्तों में पायी जाती हैं। अन्य प्रकार की मिट्टी अधिक वर्षा के होने से उत्पन्न होती है। इसी लिए वर्षा का प्रभाव मिट्टी में स्थित चूने के ऊपर पड़ा, जिसका उल्लेख ऊपर किया जा चुका है।

अब वर्षा का प्रभाव केवाल, कोलोआएड तथा मिट्टी स्थित केवाल में धन-आयन विनिमय पर क्या पड़ता है, यह समझाने की चेष्टा की जाती है।

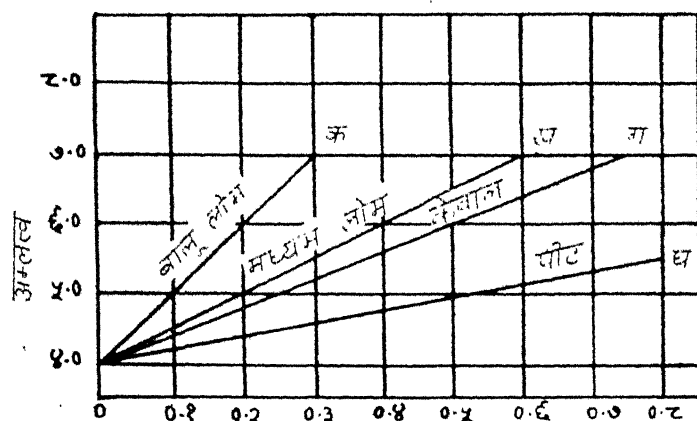
वर्षा अधिक होने से मिट्टी में स्थित केवाल (Clay या चिकनी मिट्टी) बढ़ती जाती है। जिस प्रदेश में वर्षा अधिक होती है वहाँ मिट्टी में केवाल अधिक होती है।

चित्र १०—पौडजोलिक मिट्टी में चूने की मात्रा

चित्र संख्या ११ में मिट्टी की सतह से ४० इंच की गहराई तक औसत-प्रतिशत केवाल विश्लेषण क्रिया द्वारा जाँच की गयी। इससे यह पता चला कि उत्तरोत्तर वर्षा की वृद्धि जहाँ-जहाँ हुई है, वहाँ औसत ४० इंच की गहराई तक केवाल उत्तरोत्तर बढ़ती गयी है।

वर्षा का सम्बन्ध मिट्टी में स्थित कलिल (कोलायड) से भी है। चित्र संख्या १२ में यह दिखलाया गया है कि वर्षा जिन-जिन प्रदेशों में अधिक है वहाँ कलिल की मात्रा भी अधिक है। केवाल और कोलायड में समानता है, इसलिए ऐसा होना उचित ही है।

चित्र ११—वर्षा से केवाल (चिकनी मिट्टी) की वृद्धि

चित्र १२—वर्षा से कलिल का सम्बन्ध

यह बात सिद्ध है कि मिट्टी में स्थित केवाल की सतह पर धन-आयन, जैसे कैलसियम, मैगनीशियम, सोडियम, पोटैशियम, अमोनियम का आपस में विनिमय होता है। वर्षा से इस विनिमय का भी संबन्ध पाया जाता है। चित्र संख्या १३ से विदित होता है कि जिन-जिन जगहों में वर्षा की वृद्धि हुई है, वहाँ विनिमय-योग्य धन-आयन कम होता गया हैं और मिट्टी में स्थित केवाल द्वारा धन-आयन लेने की शक्ति बढ़ती गयी है,

चित्र १३—वर्षा में वृद्धि से विनिमय योग्य धन-आयन की कमी

कम वर्षा वाले प्रान्तों में केवाल द्वारा शोषित (केटायन) धन-आयन अधिक है, इसलिए धन-आयन लेने की शक्ति कम है। कम वर्षा वाले प्रान्तों में हाइड्रोजन नामक आयन का शोषण केवाल द्वारा कम होता है। अधिक वर्षा वाले प्रान्तों में यह क्रिया विपरीत हो जाती है।

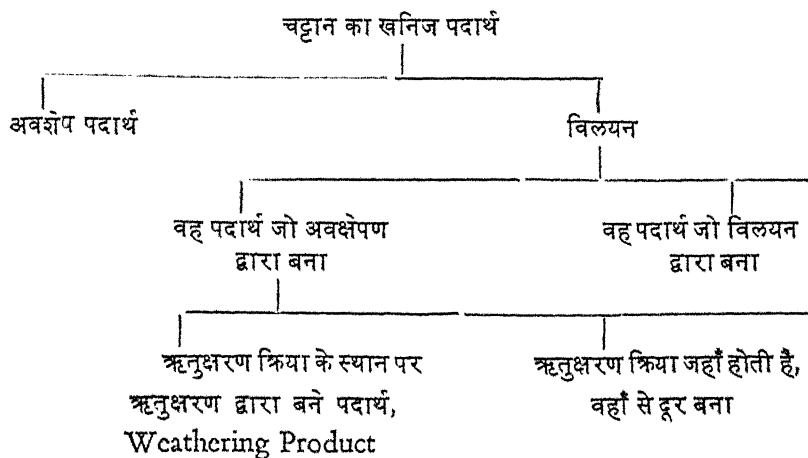
चित्र संख्या १४ में वर्षा का प्रभाव मिट्टी की ऊपरी सतह की अम्लता पर दिखलाया गया है।

चित्र १४—अम्लता पर वर्षा का प्रभाव

(ग) मिट्टी में ऋतुक्षरण क्रिया (Weathering of Soil) उक्त चित्र १४ से यह पता चलता है कि जैसे-जैसे मिट्टी में अम्लत्व (P.H.) बढ़ता जाता है, वैसे-वैसे केवाल पर विनिमय योग्य कैलसियम भी बढ़ता जाता है।

ऊपर कहा गया है कि मिट्टी की रचना पहाड़ों की चट्टानों से हुई है। कई भौतिक और रासायनिक क्रियाओं द्वारा तथा यान्त्रिक क्रियाओं द्वारा पहाड़ों की चट्टानें छोटी-छोटी परिधियों में होकर कण का रूप धारण करती हैं। इनके ऊपर रासायनिक क्रियाओं का प्रभाव पड़ता है और इन छोटे कणों के अन्दर स्थित खनिज पदार्थ कई रूपान्तरों को प्राप्त होते हैं। भौतिक तथा यान्त्रिक क्रियाओं द्वारा जो खनिज पदार्थ छोटे-छोटे कणों में परिवर्तित हो जाते हैं, उनके रासायनिक संगठन और अवयव में अन्तर नहीं पड़ता, किन्तु जो खनिज पदार्थ रासायनिक क्रियाओं द्वारा छोटे-छोटे कणों में परि-

र्वातत हो जाते हैं, उनमें संगठन और अवयव का अन्तर हो जाता है। चट्टानों से मिट्टी बनने में ये ही दो या तीन प्रकार की क्रियाएँ सम्भवतः प्रकृति में देखी जाती हैं। इन क्रियाओं को कृषि-रासायनिकों ने ऋतुक्षरण (Weathering) कहा है। भौतिक क्रिया द्वारा ऋतुक्षरण अधिकतर तापमान का अन्तर पड़ने पर होता है। जिन जगहों में ताप-मान का बहुत ज्यादा अन्तर पड़ता है अथवा अकस्मात् ताप-मान घटता-बढ़ता रहता है, वहाँ चट्टानों में प्रसार तथा संकोच अधिक हुआ करता है। इस तरह की ऋतुक्षरण क्रिया ज्यादातर शुष्क जलवायु में हुआ करती है। ऐसी जगहों में सूर्योदय के समय से लेकर सूर्यास्त तक ताप-मान का अन्तर बहुत हुआ करता है। मरुभूमि में पत्थर की चट्टानों का ऋतुक्षरण प्रायः इसी क्रिया द्वारा होता है।

शीत प्रदेशों में जहाँ ठंडक अधिक पड़ती है और वर्षा प्रचुर मात्रा में होती है, वहाँ बर्फ के गिरने और गलने से चट्टानों के छोटे-छोटे टुकड़े बन जाते हैं, जिनको भौतिक ऋतुक्षरण क्रिया कह सकते हैं। चट्टानों के भीतर दरार पड़ जाने से उनमें पानी जमा हो जाता है और इस क्रिया द्वारा बर्फ का प्रसार अधिक होने से चट्टान फट जाती है तथा उनके छोटे-छोटे कण मिट्टी का रूप धारण कर लेते हैं। भौतिक ऋतुक्षरण की एक और क्रिया है जो नदियों और झरनों के पानी की गति से, अथवा हवा के झोंके से छोटे-छोटे कणों के रगड़ खाने से होती है। वर्षा के पानी से पहाड़ों की चट्टानों के छोटे-छोटे टुकड़े हो जाते हैं। वे झरनों द्वारा नदियों में बहकर आते हैं और सिल्ट का रूप धारण कर मिट्टी को बनाते हैं। इस प्रकार मिट्टी उर्वरा हो जाती है। भौतिक क्रिया द्वारा जो ऋतुक्षरण होता है उससे बनी मिट्टी में बड़े-बड़े कण रहते हैं। यही बड़े-बड़े कण आगे चलकर रासायनिक ऋतुक्षरण द्वारा छोटे-छोटे कणों में परिवर्तित हो जाते हैं।

रासायनिक ऋतुक्षरण क्रिया से खनिज पदार्थों के अवयव में अन्तर पड़ जता है। यहाँ तक कि एक खनिज पदार्थ, जो भौतिक ऋतुक्षरण क्रिया द्वारा सूक्ष्म रूप में उपस्थित होता है, रासायनिक ऋतुक्षरण क्रिया द्वारा एक दूसरे खनिज पदार्थ में परि-वर्तित हो जाता है। पृ० ४५ के उत्पत्ति-वृक्ष द्वारा यह विदित किया गया है कि रासाय-निक क्रिया से मिट्टी किस प्रकार बनती है। इस क्रिया में दो प्रकार की प्रतिक्रियाएँ होती हैं। एक तो वह, जिससे कुछ खनिज पदार्थ बिल्कुल बदल जाते हैं और दूसरी वह, जिससे अतिरिक्त पदार्थ बन जाते हैं। कुछ अतिरिक्त पदार्थ वहीं पर उत्पन्न होते हैं जहाँ यह क्रिया होती है और कुछ अवक्षेपण क्रिया द्वारा अन्य जगह पर उत्पन्न होते हैं।

रासायनिक ऋतुक्षरण कई क्रियाओं द्वारा होता है। पृथ्वी के ऊपरी हिस्से में नीचे लिखे गये खनिज पदार्थ विभिन्न मात्रा में पाये जाते हैं।

१. फेल्सपार (Felspar) ५७.८ प्रतिशत।

२. लोह (Iron) और मैगनीशियम खनिज एम्फीबोल और पाईरोक्सीन Amphibols and Pyroxins १६.० प्रतिशत।

३. क्वार्ट्स (Quartz) १२.७ प्रतिशत।

४. अबरख (Mica) ३.६ प्रतिशत।

इससे यही पता चलता है कि फेल्सपार की प्रधानता है और उसके बाद लोह तथा मैगनीशियम खनिज का स्थान है। क्वार्ट्स और अबरख सबसे कम है। क्वार्ट्स एक ऐसा खनिज है जिस पर रासायनिक प्रतिक्रिया का असर नहीं पड़ता, अन्यथा और सब खनिजों पर रासायनिक क्रिया का प्रभाव पड़ता है।

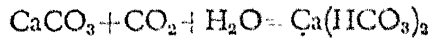
रासायनिक क्रिया का प्रभाव पड़ने के लिए मिट्टी में पानी और उष्णता की अत्यन्त आवश्यकता है। कोई भी रासायनिक प्रक्रिया उष्णता के रहे बिना नहीं हो सकती। पानी का भी होना अत्यन्त आवश्यक है। यही कारण है कि मरुभूमि की मिट्टी में रासायनिक क्रिया नहीं होती। विभिन्न रासायनिक क्रियाएँ जो मिट्टी में हो सकती हैं, नीचे दी गयी हैं। ये क्रियाएँ यह सिद्ध करती हैं कि इनका महत्त्व कहाँ तक है।

१. विलयन (Solution)

२. जलयोजन और ऑक्सीकरण (Hydration and oxidation)

३. जल-विश्लेषण (Hydrolysis)

विलयन क्रिया से खनिज एक जगह से दूसरी जगह प्रचलित होते हैं। इस क्रिया से कैलसियम कार्बोनेट पानी में घुलकर मिट्टी की ऊपरी सतह के नीचे चला जाता है और वहाँ जाकर जम जाता है। प्रधानतः ऐसी क्रिया तब होती है, जब मिट्टी में कार्बन-डाई-ऑक्साइड की मात्रा अधिक रहती है। नीचे दिये हुए रासायनिक समीकरण से इस बात का पता चलता है।

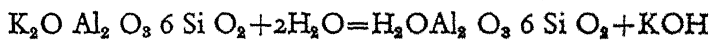
$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$$

इस क्रिया द्वारा बना हुआ कैलसियम बाइकार्बोनेट पानी में घुल जाता है और नीचे की सतह में जाकर कार्बोनेट बनकर कंकड़ के रूप में बैठ जाता है।

जलयोजन और ऑक्सीकरण की क्रिया पानी और ऑक्सीजन नामक गैस द्वारा होती है। जलयोजन नामक क्रिया का अर्थ है, किसी खनिज पदार्थ का पानी से मिलकर अन्य पदार्थ बन जाना। उदाहरणस्वरूप नीचे लिखे हुए समीकरण को देखिए, जिसमें फैरोमैगनीशियम नामक खनिज पर ऑक्सिजन नामक गैस और पानी का प्रभाव पड़ा है और वह पदार्थ बदलकर लौह हाइड्रोक्साइड बन गया है।

$$2Fe\ Si\ O_3 + 3H_2O + O.\tfrac{1}{2} = 2F\ (OH.)_3 + 2SiO_2$$

जल विश्लेषण का अर्थ है; किसी खनिज का जल से मिलकर दूसरे खनिज में स्थित तत्त्व का ऑक्साइड बन जाना और उसमें स्थित क्षार तत्त्व का हाइड्रोक्साइड बन जाना।

नीचे दिया हुआ समीकरण इस बात की पुष्टि करता है कि यहाँ पर पोटाश, तया फेलसपार (Potash, Felspar) पानी के योग से पोटाश हाइड्रोक्साइड (Potash cum Hydroxide) और एल्यूमिनियम तथा सिलिका (Alumunium cum Silica), ऑक्साइड (Oxide) में परिणत हो जाते हैं। फिर बाद में एक अण पानी का प्राप्त करके केओलिनाइट नामक खनिज में परिणत हो गया।

$$K_2O\ Al_2\ O_3\ 6\ Si\ O_2 + 2H_2O = H_2OAl_2\ O_3\ 6\ Si\ O_2 + KOH$$

जल-विश्लेषण (Hydrolysis) क्रिया द्वारा क्षार सिलिका से अलग हो जाता है और सिलिका सिलिसिक अम्ल (Silicic acid) के रूप में घुलकर मिट्टी की निचली सतह में चला जाता है और ऊपर लौह खनिज रह जाता है।

इन क्रियाओं के अतिरिक्त मिट्टी में स्थित जीवाणु भी ऋतुक्षरण क्रिया में सहायता पहुँचाते हैं।

ये क्रियाएँ जिनमें हवा, धूप और वर्षा भी शामिल हैं, चट्टानों को धीरे-धीरे घिस-घिसकर धूल में बदल देती हैं। इनमें घास और पौधे के बीज घुसकर अपनी जड़ें फैला देते हैं। फिर अनगिनत कीटाणु पैदा हो जाते हैं। ये इतने छोटे होते हैं कि हम इन्हें

नहीं देख सकते। ये कीड़े आस-पास की हवा से रासायनिक तत्त्व लेकर फूल-पौधों के खाने लायक खाद मिट्टी में बना डालते हैं, जिन्हें हम कृषि की मिट्टी कहते हैं। ऐसी कृषि-उपयोगी मिट्टी बनाने में प्रकृति को हजारों, लाखों वर्ष लग जाते हैं। यदि आप जमीन में छेद करें या कच्चे कुएँ के किनारे को गौर से देखें, तो आप पायेंगे कि मिट्टी में तीन स्तर होते हैं—

(क) मिट्टी का सबसे ऊपरी भाग, जिसे पहला स्तर कहते हैं।

(ख) इसके बाद जो दूसरा भाग आता है, उसे दूसरा स्तर कहते हैं।

(ग) सबसे नीचे का भाग, जो मूल पत्थर से बना है, तीसरा स्तर है।

जो मिट्टी गहरी, मुलायम और भुरभुरी होती है, इसके ऊपर जमनेवाले पौधों की जड़ें आसानी से फैल जाती हैं और शुष्क ऋतु में छोटे-छोटे छेदों से पौधों के लिए पानी ऊपर पहुँच सकता है। इसके अलावा अच्छी मिट्टी में कुछ रसायन और ऐसे कीटाणु होने चाहिए जो उनसे पौधों के लिए पोषक भोजन बना सकें। अच्छी मिट्टी में यह भी गुण होना चाहिए कि फसल के बाद जब खाद आदि के द्वारा इनके तत्त्व फिर से पूरे हो जायँ तो वह बराबर अच्छी फसल देती रहे। कृषि की मिट्टी केवल मिट्टी नहीं, बल्कि पल-पल विकास पानेवाली जीवित मिट्टी है। अच्छी मिट्टी हमारे अनाज और भोजन का आधार है। इतना ही नहीं, यह पेड़-पौधों और सारे जानवरों का आधार है। बालू और कर्दम के बीच मिट्टी की कई किस्में हैं, जो भिन्न-भिन्न जलवायु में विभन्न पौधों के लिए उपयोगी होती हैं।

(घ) चट्टानों में खनिज पदार्थ—चट्टानों में स्थित खनिज पदार्थों में विभिन्न प्रकार के रासायनिक तत्त्व भिन्न-भिन्न मात्राओं में पाये जाते हैं। आगे दी गयी सारणी में यह दिखलाया गया है कि प्रतिशत कितना रासायनिक तत्त्व विभिन्न खनिज पदार्थों में है—

भूगर्भशास्त्र वह शास्त्र है जिसके सहारे हम पहाड़, चट्टान तथा भूमि के नीचे पदार्थों के निर्माण का अध्ययन करते हैं। चट्टानों के परिवर्तन से ही मिट्टी बनती है और इसके अध्ययन तथा अन्वेषण को हम मिट्टी-भूगर्भशास्त्र कहते हैं। इस अध्ययन में सिर्फ खनिज और शिलाएँ ही नहीं, वरन् उनके अन्दर दबे हुए पौधों और जीव-जन्तुओं का अन्वेषण भी शामिल है। मिट्टी में अधिकतर खनिज पदार्थ हैं। जीवांश, कार्बनिक पदार्थ, अत्यन्त न्यून मात्रा में पाये जाते हैं।

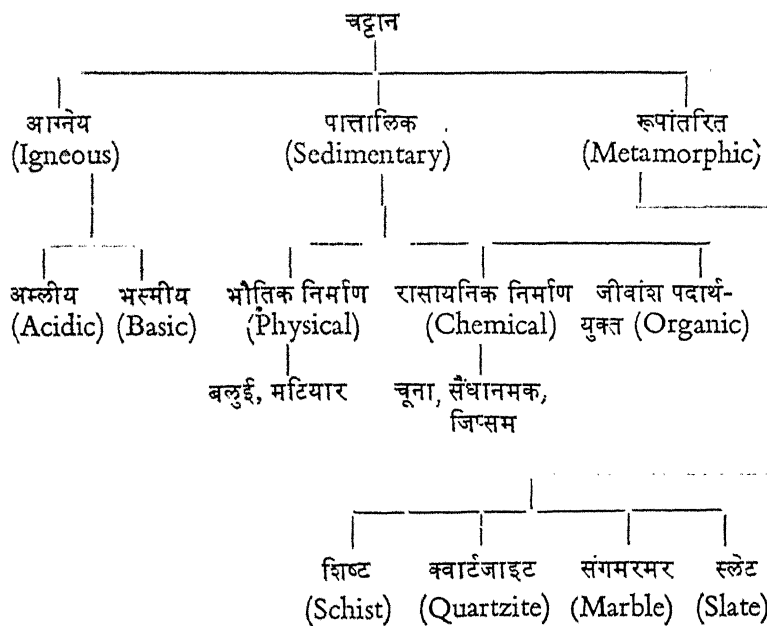
कृषि का सम्बन्ध मिट्टी-भूगर्भशास्त्र से अत्यन्त निकट और गहरा है। मिट्टी में जलधारण करने की शक्ति तथा इसके केवाल या इसके कोलायड पर धन-आयन का

सारणी संख्या ७

	१	२	३	४	५	६	७	८	९
	सिलिका	पोटाश	सोडियम	मैगनीशियम	कैलसीयम	एल्यूमिनियम	लौहफेरस	लौहफेरिक	पानी
क्वार्ट्ज (Quartz) फेल्सपार (Felspar	१००	—	—	—	—	—	—	—	—
औरथोक्लेज (Orthoclase)	६४·२	१७	—	—	—	१८.४	—	—	—
एलवाइट	६८.६	—	११.८	—	—	१९.६	—	—	—
एनौरथाइट	४३.१	—	—	—	२०	३७.९	—	—	—
अबरख	४५ से ५०	६ से १६	० से १५	—	—	२६ से ३६	—	—	१ से ४.७
हौइर्नब्लेन्ड़ी औगाइट	३९ से ४९	—	—	१० से २७	१० से १५	३ से १५	३ से २०	—	—
आलीवाइत	४१	—	—	४९.२	—	—	—	९.८	—
सैलक	६३.५	—	—	३१.७	—	—	—	—	—

विनिमय (Base exchange) इत्यादि भौतिक गुण भूगर्भ-चट्टानों की बनावट पर निर्भर हैं। पानी की पूर्ति भी नीचे की चट्टानों पर निर्भर है। भिन्न-भिन्न चट्टानों में भिन्न-भिन्न प्रकार के खनिज पदार्थ पाये जाते हैं, जिनका मिट्टी के गुण पर प्रभाव पड़ता है। एक ही ऋतु में और एक ही स्थान पर, मिट्टी की जाति के अनुसार भिन्न प्रकार की फसलें उपजती हैं।

चट्टान एक ऐसा घन पदार्थ है, जिसमें एक या एक से अधिक खनिज पदार्थ पाये जाते हैं। यह आवश्यक नहीं है कि इसका बाह्य रूप सुडौल हो। इसकी बनावट ऐसी है कि यह या तो ढीला अथवा कठोर होता है।

चट्टानें तीन प्रकार की होती हैं। नीचे दिये गये विवरण में चट्टानों के भिन्न-भिन्न नाम और गुणों का उल्लेख है।

१. आग्नेय (Igneous rock)—आग्नेय चट्टान सबसे प्राचीन चट्टान है। यह पृथ्वी के दहकते हुए गरम गोले के धीरे-धीरे ठंडे होने पर बनी है। इसी चट्टान से दूसरी-दूसरी चट्टानें भी बनी हैं। ये चट्टानें अति कठोर होती हैं और भूमि के सबसे निचले भाग में पायी जाती हैं। ये परतदार (Stratified) नहीं होतीं।

आग्नेय चट्टानों को दो भागों में बाँटा गया है। यह वर्गीकरण इनमें सिलिका के अनुपात के आधार पर है। अम्ल, (Acid) आग्नेय चट्टान (Igneous rock) में, सिलिका (Silica) ६५% से ८५% तक होता है; जैसे ग्रैनाइट (Granite) चट्टान। इस चट्टान का निर्माण क्वार्ट्ज (Quartz), और्थोक्लेज (Orthoclase) और अबरख (Mica) इत्यादि खनिज पदार्थों से हुआ है।

इस चट्टान में पोटाश की मात्रा प्रचुर है, किन्तु चूने (Lime) की मात्रा कम। इस चट्टान का रूपान्तर होने पर जो मिट्टी बनती है वह अति बारीक होती है तथा उस मिट्टी में क्वार्ट्ज के कण मिले रहने के कारण वह अधिक बलुई भी होती है। साथ-साथ मटियार का भी मिश्रण रहता है। भास्मिक चट्टान में सिलिका (Silica) ४५% से ५५% होता है। बेसाल्ट एक भास्मिक चट्टान है। इसमें औजाइट, प्लैजि-ओक्लेज, फेल्सपार और औलिवाइन नामक खनिज पाये जाते हैं। इससे बनी मिट्टी उपजाऊ होती है, क्योंकि उस मिट्टी में प्रचुर चूना (Lime), पोटाश और मैगनीशियम (Magnisium) होता है। काली मिट्टी बेसाल्ट चट्टान से बनी है।

२. **पात्तालिक चट्टान** (Sedimentary Rock)—आग्नेय चट्टान से वायु तथा जल के प्रभाव द्वारा जो कण अन्यत्र जाकर दब जाते हैं, उनसे ये बनती हैं। ये बहुत ही परतदार होती हैं। प्राकृतिक दबाव के कारण ये कुछ कड़ी होती हैं। इनको ध्यान से देखने पर इनके भीतर अनेकों तहें दृष्टिगोचर होंगी। ये तहें अन्य रासायनिक पदार्थों द्वारा एक-दूसरी से चिपकी रहती हैं। बालू और चिकनी मिट्टी के पत्थर इन चट्टानों के उदाहरण हैं। ऐसी चट्टानें नदियों के मुहाने पर बनती हैं। पात्तालिक चट्टानों की बनावट की दो क्रियाएँ हैं—

(क) भौतिक क्रिया द्वारा—इस क्रिया द्वारा निर्मित चट्टानें वे हैं जो नदियों से बालू की परत के जमने पर दबाव में पड़कर फिर चट्टान बन गयीं। इन पर प्रति वर्ष परत जमती रहती है और कालान्तर में वह ठोस पत्थर का रूप धारण कर लेती है। इसका उदाहरण है—सेन्ड स्टोन (Sand stone), इस चट्टान में क्वार्ट्ज, फेल्स्पार और लौह ऑक्साइड रहते हैं और ये मिलकर बहुत ही कठोर रूप धारण कर लेते हैं।

(ख) रासायनिक क्रिया द्वारा—इसके द्वारा निर्मित चट्टानें पानी में रासायनिक द्रव्यों के घुलने से बनती हैं। इनमें बहुत से खनिज घुलकर वाष्पीकरण द्वारा जम जाते हैं और धीरे-धीरे चट्टान का रूप धारण करते हैं। इनका उदाहरण है—चूने का पत्थर (Dolamite), जिसमें कैलसियम कार्बोनेट अत्यन्त अधिक मात्रा में पाये जाते हैं।

३. **रूपान्तरित चट्टान** (Metamorphic rock)—ये चट्टानें आग्नेय और पात्तालिक चट्टानों के बदलने से बनती हैं। अधिक गर्मी और दबाव के कारण ये ऐसी कठोर हो जाती हैं और इस तरह बदल जाती हैं कि पहली दो चट्टानों से इनका रूप-रंग भिन्न हो जाता है।

नीचे दी हुई कुछ चट्टानें इसके उदाहरण हैं—

१. **शिष्ट** (Schist)—इसकी उत्पत्ति आग्नेय (Igneous) और पात्तालिक (Sedimentary) चट्टानों से होती है। ये चट्टानें एक के बाद दूसरी खनिज की परतों से बनती हैं। जैसे–फेल्सपार (Felspar) के ऊपर क्वार्ट्ज (Quartz) और क्वार्ट्ज (Quartz) के ऊपर अबरख (Mica) या हॉर्नब्लेंड (Hornblende) इस चट्टान के कण रवादार होने के कारण यह दानेदार होती हैं।

२. **क्वार्टजाइस्ट** (Quartzist)—ये बलुए पत्थर थे, किन्तु बालू के कणों में सिलिका के जमने पर क्वार्ट्ज के कणों का सामूहिक रूप बन गया। पानी और गर्मी के कारण इनका परिवर्तन होता रहता है।

३. **संगमर्मर** (Marble)—यह चट्टान चूने के पत्थर से बनती है। इसमें खनिज कैल्साइट (Calcite) मुख्यतः पाया जाता है। शुद्ध चूने का संगमर्मर बिल्कुल श्वेत होता है। किन्तु यह लाल, हरे, काले रंग का भी पाया जाता है।

४. **स्लेट** (Slate))—शेल (Shale) नामक पात्तालिक चट्टान का रूप जब गर्मी और दबाव के कारण बदल जाता है, तब वह स्लेट बन जाती है।

(४) चट्टानों में खनिज पदार्थ

खनिज पदार्थ एक ही मेल की धातु है, जिसे समांगिक (Homogeneous) कहते हैं। इसमें एक ही निश्चित रासायनिक रचना पायी जाती है। इस रचना के अन्दर एक या एक से अधिक मूल तत्त्व पाये जाते हैं, जो निश्चित रासायनिक अनुपात में होते हैं। इनका एक खास आकार होता है। रासायनिक विधि से खनिज पदार्थ की पहचान करना कठिन कार्य है, क्योंकि विश्लेषण क्रिया द्वारा पहचान करना असंभव हो जाता है। किन्तु इनके भौतिक गुण, जो नीचे दिये जा रहे हैं, एक-दूसरे से इतना अन्तर रखते हैं कि उनकी पहचान से खनिज पदार्थ भिन्न-भिन्न रूप में निर्धारित किये जा सकते हैं।

१. **आकृति**—खनिज पदार्थों का अपना-अपना विशेष आकार होता है जिसे रवा (Crystal) कहते हैं।

२. **अलगाना**—टूटने की क्रिया होने पर रवे के एक या एक से अधिक भाग समानानान्तर (Parallel) टूटते हैं, जिसे अलगाना कहते हैं।

३. **कठोरता**—खनिज पदार्थ सख्त या मुलायम हुआ करते हैं, इसलिए यह पहचान महत्त्वपूर्ण है।

४. **विशिष्ट भार (घनत्व)**—इससे खनिज पदार्थ बहुत सुगमतापूर्वक पहचाने जा सकते हैं।

५. **चमक तथा स्पर्श**—भिन्न-भिन्न खनिज पदार्थों की भिन्न-भिन्न चमक तथा अलग-अलग स्पर्श होता है। इनके माप द्वारा हम खनिज पदार्थों को पहचान सकते हैं।

६. **रंग तथा चूर्ण का रूप**—स्थिरता के कारण रंग से पहचानना अधिक विश्वसनीय नहीं है। कभी-कभी चूर्ण का रंग उसके खनिज पदार्थ से भिन्न होता है।

पृथ्वी के ऊपरी हिस्से में पाये गये खनिज पदार्थों का वर्णन पहले किया गया है। उनकी विशेष रूप-रेखा तथा गुण इत्यादि का उल्लेख नीचे किया जाता है।

१. **क्वार्ट्ज़**—यह खनिज रवादार होता है और इसमें सिलिका (SiO_2) रवे रहते हैं। यह आग्नेय और कुछ पात्तालिक चट्टानों में मुख्यतः पाया जाता है। यह सबसे कठोर है और बहुत कठिनता से टूटता है। यह पानी में नहीं घुलता, पर पानी में अम्ल के मिलने से घुल जता है। यह सभी मिट्टियों में प्रायः ८५% से ९९% तक पाया जाता है। यह पौधों के भोजन के काम नहीं आता, पर मिट्टी में इतनी स्थिरता पैदा कर देता है कि पौधों के भोजन उस पर ठहर जाते हैं और शोषित हो जाते हैं।

२. **फेल्सपार**—यह खनिज पदार्थ सबसे महत्त्वपूर्ण है। इसका दो भागों में वर्गीकरण किया जाता है—

(क) **आर्थोक्लेज फेल्सपार या पोटाश फेल्सपार** (Orthoclase Felspar)—यह आम्लिक चट्टानों का आवश्यक अंग है। आग्नेय चट्टान के टूटने पर अधिकतर पोटाश और केओलिन (Kaolin) बनते हैं, जो चिकनी मिट्टी के रूप में परिवर्तित हो जाते हैं। मिट्टी में जो कुछ भी पोटाश पाया जाता है वह इसी के द्वारा आता है। इससे भौतिक और रासायनिक क्रियाओं द्वारा धीरे-धीरे पोटाश घुलकर निकलता है जिसे मिट्टी में पौधे जड़ों द्वारा शोषित करते हैं। पोटाश पौधों के लिए एक पोषक द्रव्य है।

(ख) **प्लेजिओक्लेज फेलसपार** (Plegioclase Felspar) यह भास्मिक चट्टानों का मुख्य भाग है। इसमें पोटाश की मात्रा अधिक नहीं होती। इस पर कार्बन-डाई-ऑक्साइड या आम्लिक जल की रासायनिक प्रतिक्रिया होती है। इसमें चूना,

सिलिका और क्षार के विलयन द्वारा निकल जाने पर चिकनी मिट्टी रह जाती है। जिन चट्टानों में फेल्सपार रहता है, वे टूट-फूटकर चिकनी मिट्टी बन जाती हैं।

३. माइका (अभ्रक)—इसकी रासायनिक रचना अति गूढ़ है। यह हाइड्रेटेड सिलिकेट है, जिसमें एल्यूमिनियम (Aluminium) का समावेश है। इसमें सोडियम, पोटाशियम, मैगनीशियम और लोहे के भस्म रहते हैं। इसकी दो जातियाँ होती हैं, काला अभ्रक और सफेद अभ्रक। इससे भी पौधों को काफी पोटाश प्राप्त होता रहता है।

४. आपेटाइट (Apatite)—यह कैलसियम फौस्फेट के रवे से बनता है। यह मौलिक चट्टानों में पाया जाता है। आम्लिक मिट्टियों में जो भी फौस्फेट पाया जाता है, वह इसी चट्टान से प्राप्त होता है। इसमें फौस्फेट होता है, और फौस्फेट वनस्पतियों का पोषक द्रव्य है। अतः यह मिट्टी में खाद के रूप में भी डाला जाता है।

अब हम उन खनिजों का वर्णन करते हैं जो ऊपर दिये गये खनिजों से रासायनिक प्रक्रिया द्वारा मिट्टी में माध्यमिक (Secondary) खनिज के रूप में बनते हैं। इनका स्थान मिट्टी में बहुत महत्त्वपूर्ण है। मिट्टी से पौधे जो भी पोषक द्रव्य प्राप्त करते हैं, वह इन्हीं के द्वारा प्राप्त होता है। कृषि की उन्नति के लिए इन खनिजों में से कुछ का मिट्टी में उपस्थित होना आवश्यक माना गया है। नीचे इन खनिजों में से कुछ का नाम और वर्णन दिया जाता है। इनका विशेष वर्णन इस भाग के तीसरे प्रकरण में किया गया है।

(१) मान्ट मोरिलोनाइट (Morillonite) अथवा मृद्विज,

(२) केओलिनाइट (Kaolinite) अथवा अमृद्विज,

(३) हलाइट (Halite)

१. मान्ट मोरिलोनाइट (Morillonite)—यह माध्यमिक खनिज एल्युमिनियम और सिलिका के योग से बना है। इसमें एल्युमिनियम की दुगुनी मात्रा में सिलिका (Silica) रहता है। यह खनिज अपने विशेष गुणों द्वारा पौधों के पोषक द्रव्यों का शोषण करके फिर पौधों को देता है। इस क्रिया के लिए यह खनिज प्रसिद्ध है।

२. केओलिनाइट (Kaolinite)—यह माध्यमिक खनिज भी एल्युमिनियम और सिलिका के योग से बना है, किन्तु इसमें दोनों रासायनिक द्रव्यों की मात्रा बराबर है। इस खनिज में द्रव्यों की शोषण-शक्ति न्यून है, इस कारण यह कृषि के लिए इतना महत्व नहीं रखता।

३. हलाइट (Halite)—इस खनिज में पोटाशियम प्रचुर मात्रा में रहता है और यह द्रव्य पौधों के पोषण के लिए इसी खनिज से प्राप्त होता है। इस खनिज में एल्यूमिनियम (Aluminium) और सिलिका भी रहते हैं, किन्तु सिलिका की मात्रा एल्यूमिनियम से दुगुनी रहती है।

प्रायः सभी खनिजों में स्वतंत्र रूप से लोह के जारेय (Oxide of iron) रहा करते हैं। इस द्रव्य के विभिन्न जारेय (Oxide) अलग-अलग रंग प्रदर्शित करते हैं। इसी कारण मिट्टी का रंग भी भिन्न-भिन्न प्रकार का होता है।

हेमोटाइट ($Fe_2 O_3$) और गोटाइट ($Fe_2 O_2 H_2 O$) लाल और पीली मिट्टी में रहते हैं।

तीसरा परिच्छेद

मिट्टी का भौतिक संस्करण और उसके भौतिक गुण

(क) ऐतिहासिक दृष्टिकोण

मिट्टी एक अत्यन्त जटिल प्राकृतिक रचना है। मिट्टीके अन्दर ठोस, तरल और वातीय पदार्थ स्थित हैं। ठोस पदार्थ की रचना बहुत-से खनिज द्रव्यों और कार्बनिक पदार्थों द्वारा हुई है। खनिज द्रव्य भिन्न-भिन्न परिमाण और रूप में पाये जाते हैं। कार्बनिक पदार्थ विभिन्न रासायनिक संयोगों के रूप में पौधों और जानवरों के मृत शरीर से सड़ने की क्रिया द्वारा परिणत होकर मिट्टी में प्राप्त होते हैं। वातीय पदार्थ विभिन्न प्रकार के रासायनिक और यौगिक तत्त्वों से पूर्ण रहते हैं। मिट्टी में ठोस, तरल और वातीय पदार्थों का एक-दूसरे से रासायनिक और भौतिक सम्बन्ध बाहरी ताप, प्रकाश और दबाव पर निर्भर है।

ऐसी जटिल प्राकृतिक रचनापर पौधों की उत्पत्ति और वृद्धि होती है और कृषि-शास्त्र की प्रणाली इसी पर स्थापित है। यदि मिट्टी के ठोस पदार्थ में यथेष्ट मात्रा में पौष्टिक द्रव्य हों, तो हम उस मिट्टी को उर्वरा कहते हैं। यदि मिट्टी की केशीय नलियों में प्रचुर मात्रा में जल प्राप्त है तब पौधों को पोषक द्रव्य विलयन-क्रिया द्वारा सुगमता-पूर्वक प्राप्त हो सकता है। पौधों के लिए, पौष्टिक द्रव्यों को यथेष्ट मात्रा में मिट्टी द्वारा प्राप्त होने के लिए; केवल पौष्टिक द्रव्यों का ही प्रचुर मात्रा में रहना आवश्यक नहीं है, अपितु यह मिट्टी के स्थूल, तरल तथा वातीय (Gaseous) पदार्थों के परस्पर संबन्ध पर भी स्थित है।

मिट्टी के पदार्थों के भौतिक गुणों के सम्बन्ध में पूर्ण रूप से अनुसंधान नहीं हो सका है। १८१३ ई० में सर हम्फरी डेवी (Sir Humphry Davy) ने प्रथम बार भौतिक गुणों का उल्लेख किया। उस समय से आज तक निरंतर अनुसंधान जारी है। मिट्टी के भौतिक गुणों का कृषि पर महत्त्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। यही कारण है कि इस विषय की ओर वैज्ञानिकों का ध्यान अधिक आकृष्ट हुआ है। (१८३३ ई०) में शुब्लर

(Schubler) ने इस विषय पर एक पुस्तक जर्मन भाषा में लिखी थी। इसका नाम है "Grindsatze der Agriculturchemic." इस पुस्तक के द्वितीय अध्याय म मिट्टी के निम्नलिखित भौतिक विषयों का उल्लेख किया गया है।

१. मिट्टी में जल-ग्रहण शक्ति
२. मिट्टी की सूखी और गीली अवस्था में दृढस्थापिता (Tenacity)
३. गीली मिट्टी की शुष्क वायु में सूखने की शक्ति
४. गीली और शुष्क अवस्था में मिट्टी का घनत्व
५. मिट्टी के शुष्क होने पर उसके आयतन (Volume) में कमी
६. मिट्टी की हवा से जल सोखने की शक्ति
७. मिट्टी की हवा से ऑक्सीजन लेने की शक्ति
८. मिट्टी की ताप-ग्रहण-शक्ति
९. मिट्टी की सूर्य-किरण से ताप-शोषण-शक्ति
१०. मिट्टी का गीली होने पर ताप उत्पन्न करना
११. मिट्टी का ध्रुवीय विद्युत-व्यवहार (Polar electric behaviour) और विद्युत-चालकता (Electrical conductivity)

शुब्लर ने तेरह प्रकार की मिट्टियों पर अनुसंधान किया, जिनमें बहुत-सी चिकनी मिट्टी (Clayey Soil), बलुही मिट्टी (Sandy Soil) तथा ह्यूमस मिट्टी, कुछ कार्बोनेट्स और जिप्सम भी थे। इनके अनुसंधान स्वरूप जो बातें जानने योग्य हैं, वे सारणी ८ में दी गयी हैं।

यह आश्चर्य की बात है कि शुब्लर ने मिट्टी के कण की परिधि पर कोई अनुसंधान नहीं किया। पीछे चलकर वैज्ञानिकों ने मिट्टी के कण पर बहुत ही आश्चर्यजनक अनुसंधान किया और उसका संबन्ध मिट्टी की बनावट (Texture) और मिट्टी की रचना (Structure), मिट्टी में स्थित जल तथा ताप, मिट्टी की दृढ़ता (Tenacity) और मिट्टी के संसंजन (Cohesion) से स्थापित किया। शुब्लर ने दो महत्त्वपूर्ण अनुसंधान किये जिनसे मिट्टी की सरन्ध्रता (Porosity) का पता चलता है। एक है मिट्टी में जल-धारण शक्ति प्रतिशत आयतन (Volume) पर और दूसरा आयतन तथा भार का सम्बन्ध। अन्य अनुसंधान भी बड़े ही महत्त्वपूर्ण हुए और उनका कृषि पर आश्चर्यजनक प्रभाव पड़ा।

१८६४ ई० में शुमाचर (Schumacher) ने एक पुस्तक लिखी, जिसका नाम था Die Physik, जिसमें मिट्टी के भौतिक गुणों का उल्लेख था और अधिकतर

सारणी संख्या ८

शुब्लर द्वारा बताये गये भिन्न-भिन्न मिट्टी के भौतिक गुण

क्र. सं.	भौतिक गुण	बालू Quartz Soil	लघु मिट्टी Light Soil	भारी मिट्टी Heavy Clay	चिक्कण मिट्टी Pure Clay	ह्यूमस मिट्टी Humus Soil	उर्वरा मिट्टी Productive Field Soil
१	घनत्व (Sp. Gr.)	२.६५३	२.६०१	२.५६०	२.५३३	१.३७०	२.४०१
२	परिमा-भार $\frac{V}{W}$ प्रति क्युबिक इन्च V=परिमा, W=भार	४९५	४३५	३८७	३३४	१५४	३७६
३	जलधारण सामर्थ्य प्रतिशत भार पर प्रतिशत परिमा पर	 २५ ३७.९	 ४० ५१.४	 ६१ ६२.९	 ७० ६६.२	 १८१ ६९.८	 ५२ ५७.३
४	दृढ़ता (Tenacity)	०.०	५७.३	८३.३	१००	८.७	३३
५	आसंजन प्रति वर्गफुट Adhesion	३.८	७.९	१७.२	२७	८.८	५.८
६	शुष्क होने की सामर्थ्य १८.८ सेन्टीग्रेड पर ९०% पानी का शुष्क होना	४ घन्टा ४ मिनट	६ घन्टा ५५ मिनट	१० घन्टा १९ मिनट	११ घन्टा १७ मिनट	१७ घन्टा ३ मिनट	११ घन्टा १५ मिनट

क्र. सं.	भौतिक गुण	बालू Quartz Soil	लघु मिट्टी Light Soil	भारी मिट्टी Heavy Clay	चिक्कण मिट्टी Puae Clay	ह्यूमस मिट्टी Humus Soil	उर्वरा मिट्टी Productive Field Soil
७	आसंकोचन Shrinkage	०.०.	६०	११४	१८३	२००	१२०
८	वाष्पशोषण ४८ घन्टों में ग्राम प्रति १००० ग्राम	०.०.	२८	४०	४८	११०	२३
९	तापधारिता	९५.६	७६.९	६८.४	६६.७	४९.०	७०.१
१०	सूर्य की किरण में ताप-धारिता वायु ताप २५.८	४४.२	४४.१	४४.६	४५.०	४३.९	४४.३

शुब्लर के अनुसंधान पर व्याख्या की गयी थी। शुमाचर ने मिट्टी-वायु (Soil air) और मिट्टी-जल (Soil water) पर ही अधिकतर अनुसंधान किया और इन दोनों गुणों का केशीय सरन्ध्रता (Capillary porosity) से संबन्ध स्थापित किया। उन्होंने केशीय अनुवेधन सामर्थ्य (Capillary, saturation capacity) पर भी अनुसंधान किया और उसका संबन्ध मिट्टी के कण-परिमाण और केशीय रन्ध्र (Capillary pores) के साथ स्थापित किया। उन्होंने यह भी बतलाया कि मिट्टी में जल का बहाव और उसका नीचे की ओर गमन मिट्टी की संरचना पर निर्भर है। उन्होंने मिट्टी में जल और वायु के प्रवेश के लिए मिट्टी की ऊपरी बनावट की अधिक महत्ता बतलायी। मिट्टी में जल के बहाव के लिए, जल के दबाव की आवश्यकता समझी गयी। इस बात को अधिक महत्त्व देते हुए उन्होंने खेतों से पानी को निकालने और पटाने के हेतु कई क्रियाओं का वर्णन किया है। यह मिट्टी के भौतिक गुणों पर निर्भर करता है।

मिट्टी को अधिक उपजाऊ बनाने के लिए उन्होंने भूमिकर्षण (Tillage), चूना और बालू का डालना, कार्बनिक पदार्थों का व्यवहार इत्यादि पर अनुसंधान किया और इन क्रियाओं द्वारा केवाल मिट्टी (Clayey Soil) को अधिक उपजाऊ बनाने का प्रयत्न किया। बलुई जमीनों को उपजाऊ बनाने के लिए भी उन्होंने कार्बनिक पदार्थों का व्यवहार तथा केवाल मिट्टी का प्रयोग बतलाया। हरी खाद की महत्ता मिट्टी को उपजाऊ बनाने के लिए बतलायी गयी। अधिक वर्षा से जो मिट्टी का अपक्षरण हो जाता है, उसके लिए उन्होंने मिट्टी को पत्तों से ढक देने की क्रिया पर अधिक जोर दिया। अधिक वर्षा द्वारा मिट्टी के कण के वितरण से अकेशीय नलियों में छोटे-छोटे कण बैठ जाते हैं, इससे मिट्टी की संरचना ठोस हो जाती है।

शुमाचर (Schumacher)—के इस भूमिविषयक ज्ञान को लेकर मिट्टी के विषय में अत्यन्त महत्त्वपूर्ण बातें प्रकट हुईं। फिर भी यह आश्चर्य की बात है कि उन दिनों वैज्ञानिकों ने इस पर अधिक ध्यान नहीं दिया और न मिट्टी के रासायनिक गुणों के सम्बन्ध में अधिक उत्साह ही दिखलाया।

सन् १८७९ से १८९८ ई० तक व्हौलनी (Whollny) और उसके साथियों ने मिट्टी के भौतिक गुण पर अनुसंधान किया। व्हौलनी (Whollny) ने इस समय एक पत्रिका निकाली, जिसका नाम था "Forchungen Aufdem Gebiete Agrikultur Physic" और जिसमें भौतिक व्याख्या मिट्टी और पौधों के भौतिक गुण पर की गयी थी तथा ऋतुविज्ञान का भी उल्लेख किया गया था। इस पत्रिका के

२० अंक छप चुके थे। व्हौलनी (Whollny)) का यह विश्वास था कि पौधों की बढ़ती और खाद द्वारा उनका संरक्षण मिट्टी के भौतिक गुणों पर निर्भर है। इसलिए उसने मिट्टी के बहुत-से भौतिक गुणों का अध्ययन किया और उन पर प्रकाश डाला। इस वैज्ञानिक का अध्ययन कितना विशाल था यह नीचे दी गयी व्याख्या से सिद्ध है।

१. मिट्टी में ताप, मिट्टी का जल एवं कार्बन-डाई-ऑक्साइड (CO_2) का परस्पर संबन्ध और मिट्टी के रंग का उन पर प्रभाव।
२. अनेक प्रकार की मिट्टियों का भौतिक गुण।
३. पौधों की छाया और ढकने की क्रिया से मिट्टी के भौतिक गुण पर प्रभाव।
४. मिट्टी-वायु में कार्बन-डाई-ऑक्साइड (CO_2) की मात्रा।
५. मिट्टी में स्थित जल और ताप पर मिट्टी की ढलान (Soil Slope) और सूर्यकिरण का प्रभाव।
६. मिट्टी की निविड़ता(Compaction) पर मिट्टी के भौतिक गुणों का प्रभाव।
७. मिट्टी के जल की गमनक्रिया और मिट्टी की जल-सामर्थ्य-(Capacity)।
८. मिट्टी पर ताप का प्रभाव।
९. भिन्न प्रकार की मिट्टियों में ताप और जल का पारस्परिक सम्बन्ध।
१०. मिट्टी और उस पर उपजनेवाले पौधों पर वर्षा का प्रभाव।
११. वायु के ताप और उष्णता का मिट्टी और पौधों पर प्रभाव।
१२. खेती और पशु-चरण (Pasturage) का मिट्टी पर प्रभाव और उसका मिट्टी की उपज से सम्बन्ध।
१३. मिट्टी में स्थित केंचुआ इत्यादि जीव-जन्तुओं का मिट्टी पर हितकारी प्रभाव।
१४. मिट्टी के भौतिक गुणों का अन्न-उत्पादन पर हितकारी प्रभाव।

व्हौलनी (Whollny) ने यह भी अनुसंधान किया कि पौधों का प्रभाव मिट्टी पर किस प्रकार पड़ता है और उसके कारण मिट्टी का भौतिक गुण किस प्रकार प्रभावित होता है। मिट्टी के ऊपर पौधों की उपज से अथवा वर्षा से उसके अपक्षरण द्वारा कौन-कौन से भौतिक गुणों में परिवर्त्तन होता है; इस विषय पर उनका अनुसंधान महत्त्व-पूर्ण रहा।

वर्षा का मिट्टी पर क्या प्रभाव पड़ता है; इस विषय पर व्हौलनी (Whollny) का अनुसंधान विस्तारपूर्वक हुआ और उसने इसके द्वारा मिट्टी-अपक्षरण (Erosion) क्रिया का भी वर्णन किया है।

देने से केशीय नलियों का मुख बन्द हो जाता है और जल के ऊपर उठने की क्रिया बन्द हो जाने से जल मिट्टी में ठहर जाता है। उन्होंने बतलाया कि यह क्रिया पौधों के लिए अत्यन्त लाभदायक सिद्ध होती है, क्योंकि जल की आवश्यकता पौधों के लिए होती है और इस प्रकार पानी का मिट्टी में ठहर जाना लाभदायक है। आगे चलकर इस सिद्धान्त का वैज्ञानिकों ने खण्डन किया है।

१९०० ई० के बाद मिट्टी के सम्बन्ध में भौतिकशास्त्र द्वारा बहुत ही महत्त्वपूर्ण ज्ञान वैज्ञानिकों के अनुसंधान से प्राप्त हुआ। वारिंगटन (Warrington) ने इंग्लैंड में एक पुस्तक लिखी, जिसका नाम है "मिट्टी के भौतिक गुण" (Physical properties of soil)। इस पुस्तक में उन्होंने जो निजी व्याख्यान ऑक्सफोर्ड विश्वविद्यालय में अर्थशास्त्र के अध्यापक की हैसियत से दिया था, उसी का उल्लेख है।

ब्रिग्स (Briggs) ने मिट्टी के जल और उसके माप पर विशेष रूप से अनुसंधान किया, जिससे मिट्टी द्वारा पौधों के जल लेने की क्रिया और उत्स्वेदन (Transpiration), अर्थात् पौधों की पत्तियों से वाष्प रूप में जल निकालने की क्रिया सम्बन्धी महत्त्वपूर्ण जानकारी प्राप्त हुई। बकिंगघम (Buckingham) ने केशीय-शक्यता (Capillary potentiality) की जानकारी प्राप्त की और मिट्टी में जल-चालकता (Conductivity) की क्रिया बतलायी, जिससे कृषि में बहुत सहायता मिली। माईशरलिश (Mitserlisch) ने यूरोप में मिट्टी की उन्द-चूषता (Hygroscopicity) पर और आद्रण-ऊष्मा (Heat of wetting) पर अनुसंधान किया। ऐटरबर्ग (Atterberg) ने मिट्टी के कण-माप पर अनुसंधान किया। एहरेनबर्ग (Ehernberg) ने मिट्टी के कलिल (Colloid) पर अनुसंधान किया।

इस शताब्दी के अन्त में मिट्टी के भौतिक गुणों सम्बन्धी महत्त्वपूर्ण अनुसंधान हुआ है और इस शास्त्र का प्रसार स्वतंत्र रूप से ही चला है। इस पर तीन पुस्तकें लिखी गयी हैं, जिनकी प्रशंसा वैज्ञानिक क्षेत्र में काफी हुई है। इन पुस्तकों के नाम हैं—

१. मिट्टी के भौतिक गुण—"Physical properties of Soil"
   जिसे कीन ने लिखा।
२. "Die Physikalishe Beschenfenheitdes—Bodens".
   यह पुस्तक जर्मन भाषा में लिखी गयी है।
३. "Soil Physics"—
   जिसे एल० डी० बावर ने लिखा है।

१९२० ई० के बाद के अनुसंधान से पता चलता है कि "मिट्टी भौतिकी" को विज्ञान में एक स्वतंत्र स्थान प्राप्त होता जा रहा है।

(ख) मिट्टी का भौतिक गुण

मिट्टी खनिज पदार्थों का समूह है। ये कण भिन्न-भिन्न आकार-प्रकार के होते हैं। कोई बड़े हैं, कोई छोटे और कोई अति सूक्ष्म आकार के होते हैं। बड़े आकार के कण छोटे-छोटे पत्थरों के टुकड़े होते हैं। जैसे-जैसे प्राकृतिक क्रियाएँ इन पर होती जाती हैं, ये बड़े टुकड़े छोटे-छोटे होते जाते हैं और अन्त में बालू, सिल्ट, चिकनी मिट्टी अथवा दोमट (Loam) मिट्टी के आकार को प्राप्त हो जाते हैं। मिट्टी में बड़े आकार के कण अधिकांश रेतों में पाये जाते हैं और छोटे आकार के कण मटियार मिट्टी में मिलते हैं। इन्हीं दोनों आकार के कणों के मिश्रण द्वारा भिन्न-भिन्न प्रकार की मिट्टियाँ बनती हैं और उनके भिन्न-भिन्न भौतिक गुण भी हुआ करते हैं। मिट्टी में केवल चट्टानों के कण ही नहीं होते अपितु इन चट्टानों के कणों के साथ-साथ कुछ कार्बनिक पदार्थ (Organic matter) भी मिले रहते हैं। इन दोनों के मिश्रण से अत्यन्त जटिल कलिल पदार्थ (Colloidal matter) उत्पन्न होते हैं जो मिट्टी की उर्वरा शक्ति को बढ़ाते हैं। कार्बनिक पदार्थों द्वारा मिट्टी में प्राप्त कणों की स्थिरता से संसंजन (Cohesion) तथा आसंजन (Adhesion) इत्यादि अन्य भौतिक गुण प्रभावित हो जाते हैं। मिट्टी में स्थित भौतिक गुणों का कृषि-विज्ञान से अत्यन्त गहरा संबन्ध है। नीचे लिखे हुए कुछ भौतिक गुण महत्त्वपूर्ण हैं।

१. आपेक्षिक घनत्व (Apparent specific gravity)
२. कणों का क्रम (Structure)
३. कणों का आकार (Texture)
४. मिट्टी की सुघट्यता और संसंजन (Plasticity and cohesion of soil)
५. मिट्टी का रंग (Colour of soil)
६. मिट्टी का भार (Weight of soil)
७. कणान्तरिक छिद्र (Pores of soil)
८. मिट्टी की संरचना (Structure of soil)+(Aggregate formation)

१. आपेक्षिक घनत्व—मिट्टी का आपेक्षिक घनत्व दो प्रकार का होता है—

(क) आभासीय आपेक्षिक घनत्व (Apparent Specific Gravity)

(ख) प्रकेवल आपेक्षिक घनत्व (Absolute Specific Gravity)

(ग) आभासीय आपेक्षिक घनत्व (Apparent Specific Gravity)—यह घनत्व मिट्टी के भीतरी भाग में जल और वायु के समावेश से प्राप्त होता है, अर्थात् यह मिट्टी के भीतर स्थित खनिज से मिश्रित जल और वायु का घनत्व है, इसलिए इस घनत्व की मात्रा दूसरे प्रकार के घनत्व अर्थात् केवल आपेक्षिक घनत्व से कम होती है। किसी ज्ञात आयतन वाली शुष्क मिट्टी के भार और उसी आयतन वाले जल के भार (Weight) का यह अनुपात है। मान लीजिए कि किसी शुष्क मिट्टी का आयतन एक घनफुट है और भार ८८ पौंड है, तब उसका आभासीय आपेक्षिक घनत्व ८८/२२.४२=३.६ होगा। किसी विशेष मिट्टी का आयतन भार उसके कणों के आकार और प्रकेवल आपेक्षिक घनत्व सघनता और जीवांश की मात्रा तथा दशा पर निर्भर है। रेतीली मिट्टी के कण एक-दूसरे से सटे होते हैं। इसलिए ऐसी मिट्टी का आयतन-भार अधिक होता है। इसका आयतन-भार (Volume Weight) १.४ से १.८ तक होता है। चिकनी मिट्टी और सिल्ट के कण बहुत छोटे और हलके होते हैं, इसलिए वे एक दूसरे के साथ सघन नहीं हो पाते। ऐसी मिट्टी का भार कम होता है। मटियार, दोमट तथा सिल्ट मिट्टी का आयतन-भार १.१ से १.६ तक होता है। किसी मिट्टी का भार या आयतन-भार जानने के लिए उसे शुष्क बना दिया जाता है, क्योंकि भिन्न-भिन्न प्रकार की मिट्टी में नमी भिन्न-भिन्न प्रकार की होती है। नीचे दिये हुए नियम मिट्टी के आभासीय आपेक्षिक घनत्व की विश्लेषण-क्रिया में लागू होते हैं।

एक बेलन, जिसका आयतन (Area क्षेत्रफल) मालूम हो, मिट्टी में धँसा दिया जाता है, फिर उस मिट्टी-भरे हुए बेलन को निकाल लिया जाता है। इसे तौल लिया जाता है और आँच पर सुखा दिया जाता है, जिससे सब नमी उड़ जाय। अब इसे तौलने पर शुष्क मिट्टी का भार मालूम हो जाता है। इस भार को बेलन के ज्ञात आयतन से भाग देने पर जो भागफल आयेगा, वही उस मिट्टी का आयतन-भार होगा। इसी को आभासीय घनत्व कहते हैं।

(ख) प्रकेवल आपेक्षिक घनत्व—यह घनत्व मिट्टी के उन भागों से सम्बन्ध रखता है जो खनिज तत्त्व हैं, इस कारण इसकी संख्या अधिक है। प्रकेवल आपेक्षिक घनत्व २.६ से १.४ तक के बीच में होता है। इसकी मात्रा नीचे दिये गये नियम से जानी जा सकती है। यदि किसी मिट्टी को २ मिलीमीटर की चलनी से छानकर एक घन के आकार में दबायें तो उसमें अधिकांश मिट्टी के ही कण होंगे और कणान्तरिक छिद्र कम हो जायँगे। अधिक दबाव देने पर कणों की सघनता बढ़ जायगी। इस घन को पिघले

हुए मोम में डुबा दिया जाता है जो उस घन के चारो ओर जम जाता है। इस घन के अन्दर जल का प्रवेश नहीं होता। अब इस घन का आपेक्षिक घनत्व जल के उत्क्षेप (upthrust) नियम द्वारा ज्ञात किया जा सकता है। ऐसा आपेक्षिक घनत्व उस मिट्टी का प्रकेवल आपेक्षिक घनत्व होगा।

एक साधारण कृषक भी यह समझता है कि मटियार मिट्टी रेतीली मिट्टी से अधिक भारी होती है, किन्तु ऐसी बात नहीं। रेतीली मिट्टी का प्रकेवल आपेक्षिक घनत्व अधिक होता है। यदि बराबर आयतन की दोनों मिट्टियों को लेकर उनके भार की तुलना की जाय तो रेतीली मिट्टी का भार मटियार से अधिक होगा। कृषक मटियार मिट्टी को भारी इसलिए कहते हैं कि वह जुताई में कठिनाई उत्पन्न करती है। हल के प्रयोग में अधिक परिश्रम करना पड़ता है। किन्तु रेतीली मिट्टी में ऐसी बात नहीं है। सच तो यह है कि कृषक जिसे भारी मिट्टी कहते हैं वह आपेक्षिक घनत्व के विचार से हलकी है तथा जिसे वे हलकी मिट्टी कहते हैं वह भारी है। प्रायः भूमि-रसायन के जानने वाले वैज्ञानिक, मिट्टी के भार को एकड़-फुट में प्रकट किया करते हैं। इसका अर्थ यह है कि एक एकड़ भूमि में एक फुट गहरी मिट्टी का क्या भार होगा। एक एकड़-फुट मिट्टी का भार ३५,००,००० से लेकर ४०,००,००० पौंड तक होता है। इससे स्पष्ट है कि एक एकड़-फुट मिट्टी का भार ४।। या ५ मन के करीब होता है।

मिट्टी का भार ज्ञात करने के लिए मिट्टी का आभासीय आपेक्षिक घनत्व जानना आवश्यक है। यदि मिट्टी के आयतन में ६२.४२ से गुणा किया जाय तो गुणन-फल उसका भार घन-फुट के अनुसार पौंड में होगा। मटियार और सिल्ट मिट्टी का भार ७० से ८० पौण्ड प्रति घन-फुट और रेतीली मिट्टी का भार ९० से १०० पौण्ड प्रति घन-फुट होता है। मिट्टी का भार उसमें स्थित जीव कीटाणुओं की वृद्धि पर निर्भर करता है। जैसे-जैसे कीटाणुओं की वृद्धि होती है, वैसे-वैसे भार कम होता जाता है।

२. कणों का क्रम—ऊपर बताया जा चुका है कि मिट्टी के कणों का विभाजन किस प्रकार किया जा सकता है। यह वर्गीकरण अन्तर्राष्ट्रीय नियम के अनुसार होता है। कणों के आकार का प्रभाव मिट्टी के अन्य गुणों पर भी पड़ता है। बड़े आकार वाले कणों की मिट्टी में कर्णान्तरिक छिद्र (Pore-space) बड़े होते हैं। ऐसी मिट्टी में जल शीघ्रता से निकल जाता है और उसकी जलधारण-शक्ति कम रहती है। इसमें नम्रता का अभाव रहता है और यह बहुत कम उर्वरा होती है। मिट्टी में कणों का समूह बनता है। भिन्न-भिन्न समूह भिन्न-भिन्न प्रकार की मिट्टी उत्पन्न करते हैं। ये कण एक-दूसरे के साथ भिन्न-भिन्न प्रकार से मिले हुए हैं और इनका पारस्परिक संबंध

दृढ़ तथा व्यवस्थित है। कण किसी भी रूप और आकार के हो सकते हैं। मिट्टी की उर्वरा शक्ति कणों के क्रम पर निर्भर है। पौधों को हवा और पानी की आवश्यकता होती है और हवा तथा पानी का मिट्टी में रहना कणों के क्रम पर निर्भर है। चित्र सं० १५ क में कणों का क्रम दिखलाया गया है।

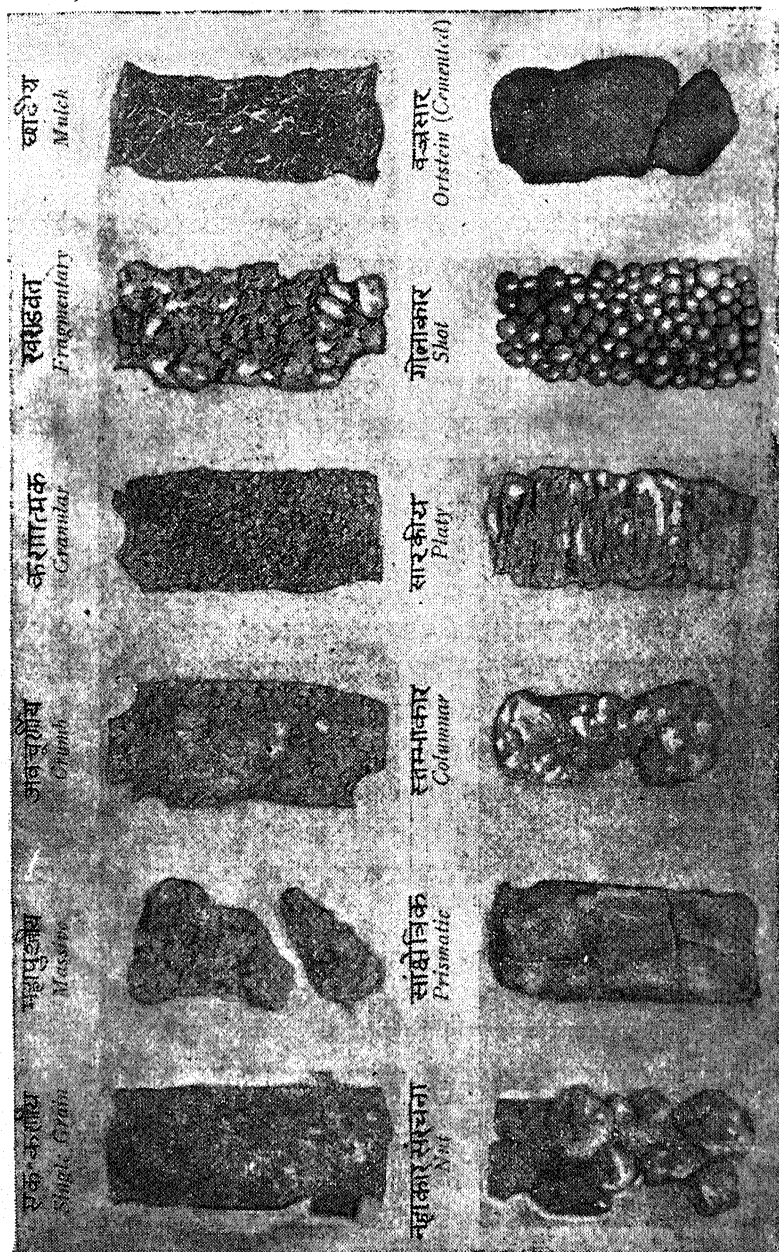
ये क्रम मिट्टी के ऊपर प्रकृति के बाह्य प्रभाव से बनते हैं। इनका नाम नीचे की सूची में दिया जाता है—

१. **एककणीय** (Single Grain)
२. **महापुञ्जीय** (Massive)
३. **अवचूर्णीय** (Crumb)
४. **कणात्मक** (Granular)
५. **खण्डवत्** (Fragmentary)
६. **छादीय** (Mulch)
७. **नहाकार संरचना** (Nut)
८. **सांक्षेत्रिक** (Prismatic)
९. **स्तम्भाकार** (Columnar)
१०. **सारकीय** (Platy)
११. **गोलाकार** (Shot)
१२. **वज्रसार** (Ortstein or cemented)

(१) **एककणीय**—(Single Grain)—इस क्रम में कण अधिकतर अलग-अलग रहते हैं। यह बालू तथा रेतीली मिट्टी में प्राप्त है। इसमें पानी अधिक देर तक नहीं ठहरता।

(२) **महापुंजीय** (Massive)—इस रचना में छोटे-छोटे कण मजबूती से इकट्ठे होकर बहुत बड़े हो गये हैं तथा इनमें कणान्तरिक छिद्र बहुत कम हैं।

(३) **अवचूर्णीय** (Crumb)—यह कणों के आपस में मिलने की अवस्था है जो उर्वरा भूमि में पायी जाती है। इसमें छोटे बड़े कण आपस में मिलकर मधुमक्खी के छत्ते जैसा आकार बनाते हैं। ऐसी बनावट मिट्टी में कार्बनिक पदार्थों के सड़ने से बहुत सरलता से हो जाती है। इस बनावट से मिट्टी में जल और वायु बहुत देर तक ठहरते हैं और पौधों के लिए यह हितकारी है।

(४) **कणात्मक** (Granular)—यह रचना कणों के आपस में मिलजाने पर, बहुत छोटी-छोटी कंकड़ी के बनने से होती है। ये कंकड़ियाँ अनियमित रूप से वितरित

चित्र १५ क—मृदा संरचना

होती हैं। इसमें जल बहुत कम देर तक ठहरता है और वायु की मात्रा भी कम होती है। पौधों की वृद्धि के लिए यह उतनी अच्छी नहीं है।

(५) **खण्डवत** (Fragmentary)—इस बनावट में छोटे-छोटे कण बहुत बड़े-बड़े पथरीले ढेले के समान हो गये हैं और अनियमित रूप से वितरित हैं। यह बनावट पौधों के लिए उतनी अच्छी नहीं है।

(६) **छादीय** (Mulch)—यह रचना कार्बनिक पदार्थों के साथ कणों के मिश्रित होने से बनती है। इसमें कणों की पारस्परिक दूरी कम रहती है और पानी के शोषण की क्रिया अधिक रहती है।

(७) **नट्टाकार संरचना** (Nut)—इस रचना में छोटे-छोटे कण, बड़े-बड़े पत्थर के टुकड़ों के जैसे आकार को प्राप्त होते हैं। कण आपस में मिलकर बड़े ठोस हो जाते हैं और अनियमित रूप से वितरित रहते हैं। इस रचना में पानी नहीं ठहरता और इसमें कार्वनिक पदार्थ की कमी होने की वजह से उर्वरा शक्ति कम रहती है।

(८) **सांक्षेत्रिक** (Prismatic)—यह बनावट कणों के त्रिकोणिक वितरण पर निर्भर है। वायु और जल की न्यूनता के कारण यह उतनी उपजाऊ नहीं है।

(९) **स्तम्भाकार** (Columnar)—इस रचना में कण एक-दूसरे से मिलकर गोलाकार खंभे का रूप धारण करते हैं और बहुत कठोर मिट्टी बनाते हैं।

(१०) **सारकीय** (Platy)—मिट्टी की यह रचना अभ्रक की खान में पायी गयी परत का रूप धारण करती है। जैसे अभ्रक में एक के ऊपर दूसरी परतें रहती हैं, वैसे इस मिट्टी में भी कण परत के रूप में रहते हैं। यह रचना भी पौधों के लिए लाभदायक नहीं है, क्योंकि इसमें जल एक स्थान से दूसरे स्थान तक सरलता से नहीं जा पाता।

(११) **गोलाकार** (Shot)—यह रचना कणों का गेंद के समान गोल आकार होने पर बनती है। इसमें कार्बनिक पदार्थ की कमी होने से उर्वरा शक्ति की कमी रहती है।

(१२) **वज्रसार** (Ortstein or cemented)—जब मिट्टी के सभी कण एक-दूसरे के साथ आकर्षण शक्ति को प्राप्त हो जाते हैं और आपस में बहुत मजबूती से बँध जाते हैं तब मिट्टी यह रूप धारण करती है। इसके बनने में मिट्टी-स्थित लोहा (Iron) और कैलसियम बहुत सहायता पहुँचाते हैं। यह रचना पौधों के लिए अत्यन्त हानिकारक है, क्योंकि इसमें न तो पौधों की जड़ें बढ़ सकती हैं और न जल की गति सरलतापूर्वक हो सकती है और हवा का समावेश भी नहीं हो सकता। इस प्रकार की भूमि मरुभूमि के सदृश हो जाती है।

३. **कणों का आकार** (Texture)—इस विषय पर मिट्टी के भौतिक विश्लेषण की क्रिया का उल्लेख करते हुए सविस्तर बतलाया गया है कि मिट्टी के कणों के व्यास की असमानता से मिट्टी अनेक प्रकार का रूप धारण कर लेती है। यह भी बतलाया गया है कि मिट्टी के कणों के आकार के अनुसार मिट्टी का वर्गीकरण अन्तर्राष्ट्रीय नियम द्वारा किया गया है। भारतवर्ष में भी इसी नियम का पालन होता है। कणों के आकार का प्रभाव मिट्टी के अन्य भौतिक गुणों पर भी पड़ता है—जैसे बड़े आकार के कणों वाली मिट्टी में कणान्तरिक छिद्र बड़े होते हैं। ऐसी मिट्टी में जल बड़ी तीव्रता से नीचे की ओर जाता है, एवं ऐसी मिट्टी में जल-शोषण शक्ति कम रहती है। इस प्रकार की मिट्टी में अति शीघ्र गरम और ठंडा हो जाने का गुण रहता है। इसमें नम्रता का सदा अभाव रहता है। इन कारणों से ऐसी मिट्टी की उर्वरा शक्ति बहुत कम होती है। इसके ठीक विपरीत वे मिट्टियाँ हैं, जिनमें छोटे-छोटे कण प्रस्तुत हैं। इन मिट्टियों को हम चिकनी मिट्टी (clay soil) कहते हैं। इसमें ठीक पहले वाली मिट्टी के विपरीत गुण रहता है।

४. **मिट्टी की सुघट्यता और संसंजन** (Plasticity and cohesion of soil)–जब मिट्टी में पानी पड़ता है तो मिट्टी की क्रिया और दशा बदलने लगती है। इसका संबन्ध जल से है। इस दशा को हम तीन रूपों में देख सकते हैं—

(क) मिट्टी का जल से मिश्रण होने पर गुरुत्व, दबाव, वितोद (Thrust) और खिचाव (Pull) पर प्रभाव।

(ख) जल-युक्त मिट्टी के अन्य पदार्थों के साथ सट जाने की शक्ति।

(ग) जल-मिश्रित मिट्टी को उँगली से छूने पर सुघट्यता का अनुभव।

मिट्टी की सुघट्यता (Plasticity) की परिभाषा इस प्रकार हो सकती है—मिट्टी में पानी मिलाने से उसकी दशा कुछ ऐसी हो जाती है कि वह संपीडन (compression) को रोक देती है तथा नम्र हो जाती है और कोई भी इच्छित रूप धारण कर लेती है। ऐसी अवस्था को सुघट्यता (Plasticity) कहते हैं। ये सब गुण मिट्टी में जल द्वारा प्राप्त होते हैं। साथ ही साथ मिट्टी में कलिल पदार्थ (Coloidal matter) के होने से ये गुण प्राप्त होते हैं। कार्बनिक पदार्थ भी मिट्टी में सुघट्यता लाते हैं। मिट्टी में छोटे-छोटे कणों के होने से भी सुघट्यता अधिक हो जाती है। सुघट्यता की अवस्था अनेक प्रकार से बतलायी गयी है। एटरबर्ग (Atterberg) ने सुघट्यता की चार अवस्थाएँ बतलायी हैं। ये अवस्थाएँ मिट्टी में स्थित जल की मात्रा पर निर्भर हैं। इनका विस्तारपूर्ण विवरण नीचे दिया जाता है—

(क) **प्रथम अवस्था**—यह वह अवस्था है जिसमें जल की अधिकता होने से मिट्टी पानी के साथ बहने लगती है।

(ख) **दूसरी अवस्था**—यह वह अवस्था है जिसमें थोड़ा कम पानी होने से मिट्टी गाढ़ी होकर बहती है।

(ग) **तीसरी अवस्था**—यह वह अवस्था है जिसमें मिट्टी पानी से मिलकर इस अवस्था को प्राप्त हो जाती है कि वह अन्य वस्तुओं के साथ मिलकर उनमें सटने लगती है।

(घ) **चौथी अवस्था**—यह वह अवस्था है जिसमें मिट्टी कम पानी के साथ मिलकर बहुत कड़ी हो जाती है और दबाने का कोई प्रभाव उस पर नहीं पड़ता। ऐसी अवस्था में मिट्टी के कण एक-दूसरे को पकड़ लेते हैं।

मिट्टी और पानी के मिलने से नम्रता की एक ऐसी अवस्था आती है, जिसमें मिट्टी दबाने से दब सकती है और कोई भी रूप धारण कर सकती है। ऐसी ही अवस्था में कुम्भकार मिट्टी के बरतन और खिलौनों की रचना करता है। इस अवस्था को प्राप्त होने के लिए मिट्टी में कलिल तथा कार्बनिक पदार्थ एवं छोटे छोटे कणों का रहना आवश्यक है। मिट्टी की सुघट्यता को भौतिक यंत्रों द्वारा मापा जा सकता है। अगर पानी से भीगी हुई मिट्टी का हम एक आकार बना लें और उस आकार के ऊपर दबाव डालें तथा दबने से जो रूप वह धारण करे उसका माप लें, तब यह पता लगाया जा सकता है कि उस मिट्टी में कितनी सुघट्यता है।

संसंजन—मिट्टी में जो भिन्न-भिन्न कण हैं उनका आपस में एक-दूसरे से विद्युत् शक्ति द्वारा खिंचाव उत्पन्न होता है। यह खिंचाव मिट्टी के तरल पदार्थ अर्थात् जल के अणुओं में उत्पन्न होता है। जल के अणु और मिट्टी के कणों में भी आकर्षण शक्ति रहती है। इस प्रकार जल के अणु और मिट्टी के कणों में आकर्षण शक्ति होने से सुघट्यता और संसंजन उत्पन्न हो जाते हैं।

ऊपर लिखी हुई बातों से यह सिद्ध होता है कि यदि किसी मिट्टी में संसंजन अधिक है तो सुघट्यता भी अधिक होगी। मिट्टी की सुघट्यता पर जैसे कलिल पदार्थों का अधिक प्रभाव पड़ता है, उसी प्रकार इसका प्रभाव मिट्टी के संसंजन पर भी पड़ता है। मिट्टी में कलिल पदार्थ जब अधिक मात्रा में पाया जाता है तब उसके साथ थोड़ा सा जल मिलने से ही घोल की स्थिति आ जाती है।

मटियार भूमि उसे कहते हैं जिसमें कलिल पदार्थ अधिक होता है। इस मिट्टी में जल की न्यूनता होने पर जब मिट्टी सूखने लगती है तब बड़ी-बड़ी दरारें उत्पन्न हो

जाती हैं। इसका प्रधान कारण संसंजन है, जो कि कणों के चारों ओर घेरे हुए जल के परमाणुओं के पारस्परिक आकर्षण से उत्पन्न होता है। ये परमाणु स्थानापन्न-धन-आयन (Replaceable Cations) द्वारा निर्धारित रहते हैं। जिस मिट्टी में कलिल पदार्थ अधिक होंगे उसमें जल-धारण करने की शक्ति अधिक होगी। ऐसी मिट्टी जब सूख जाती है तब उसमें ढेले बँध जाते हैं। ये ढेले कणों का एक दृढ़ संगठित समूह है। ऐसी दशा तभी होती है जब कणों का संसंजन चरम सीमा पर पहुँच जाता है।

यह सिद्ध होता है कि संसंजन वह क्रिया है जिससे मिट्टी के कण एक-दूसरे के साथ चिपककर इस प्रकार बने हुए मिट्टी के पिंड को सुरक्षित और सुसंगठित दशा में प्रदर्शित करते हैं। यह संसंजन की क्रिया अनेक कारणों द्वारा उत्पन्न होती है, किन्तु दो कारण विशेषतः जानने योग्य हैं। प्रथम कारण तो मिट्टी की नमी है, जिसमें संसंजन की उत्पत्ति जल-पटल (Moisture film) और कलिल पदार्थ के कारण होती है। इस प्रकार के संसंजन को तन्यता (Tenacity) कहते हैं। शुष्क मिट्टी में संसंजन की उत्पत्ति कणों के पारस्परिक आकर्षण के कारण होती है, जो मिट्टी के पूर्ण शुष्क हो जाने पर कम और आर्द्रता के नहीं रहने पर संसक्ति-शून्य हो जाती है।

ऊपर कहा गया है कि सुघट्यता तथा संसंजन का प्रधान कारण मिट्टी में कलिल पदार्थ का होना है। मिट्टी में कलिल पदार्थ दो प्रकार के होते हैं, जिनका सविस्तर वर्णन हम आगे चलकर करेंगे। यहाँ संक्षेप में कुछ चर्चा की जा रही है।

क्रम १—खनिज कलिल पदार्थ जो खनिज पदार्थों से उत्पन्न हुए हैं।

क्रम २—जीवांश कलिल पदार्थ जो मिट्टी में स्थित कार्बनिक पदार्थों से उत्पन्न होते हैं।

खनिज कलिल पदार्थ सिलिकेट से बने होते हैं। ये उच्चकोटि की सुघट्यता तथा संसंजन को प्राप्त होते हैं। जीवांश कलिल पदार्थ मिट्टी में सड़े हुए जीव-जन्तुओं से उत्पन्न होते हैं और इनमें सुघट्यता तथा संसंजन कम रहता है। इन दोनों कलिल पदार्थों में शोषण की शक्ति रहती है। जीवांश कलिल पदार्थ में शोषण की शक्ति खनिज कलिल पदार्थ से अधिक होती है।

मिट्टी की सुघट्यता का अनुभव एक किसान को, जो वर्षों से मिट्टी को जोतता है, अत्यन्त सुगमता के साथ हो जाता है। जब मिट्टी की जुताई होती है, उस समय यह विचारने की बात होती है कि मिट्टी न अधिक सुघट्य हो और न अधिक शुष्क। इसलिए यह ज्ञात करना कि मिट्टी में जुताई के लिए सुघट्यता की मात्रा ठीक है या नहीं, बड़े महत्त्व की समस्या है। जब मिट्टी न तो अधिक शुष्क और न अधिक सुघट्य हो,

और जुताई से कण परिष्कृत समूह न टूट जायें और ढेले इत्यादि न पड़ें, तब मिट्टी की ऐसी अवस्था को दृढ अवस्था (sticky point) कहते हैं। इस अवस्था में जुताई सुगमतापूर्वक संभव है, इससे अधिक नमी होने पर मिट्टी हल में चिपकने लगती है। मिट्टी की इस अवस्था का ज्ञान हम नीचे दी हुई क्रिया द्वारा कर सकते हैं—

मिट्टी को एक बेसिन में लेकर उस पर धीरे-धीरे जल छिड़कें। मटियार मिट्टी को अधिक सावधानी से भिगोना चाहिए, जिससे सब जगह समान नमी रहे। हाथ से मिट्टी में जल अच्छी तरह मिलाते रहना चाहिए। कुछ देर बाद एक ऐसी अवस्था आयेगी, जब मिट्टी नम्र प्रतीत होने लगेगी, पर फिर भी बिना लसदार (Pasty) हुए वह बिखर जायगी। भारी मिट्टी में यह अवस्था प्राप्त होने के लिए अधिक समय लगता है। इसके बाद यदि जल की मात्रा बढ़ायी जाय तो मिट्टी लसदार और काफी नम्र प्रतीत होती है। उसमें जुताई के बाद बड़े-बड़े ढेले पड़ जाते हैं, अतः इससे पहले, जब मिट्टी में ठीक मात्रा में नमी हो और वह चिपचिपी न हो, मिट्टी को भली प्रकार जोत सकते हैं। यह दृढ़ अवस्था होगी तथा मिट्टी हाथ में भी न चिपकेगी।

इसे ज्ञात करने के लिए अनुभव और विशेष ध्यान आवश्यक है।

५. **मिट्टी का रंग** (Colour of soil)—मिट्टियों के रंग भिन्न-भिन्न होते हैं। कुछ मिट्टी चूने जैसी सफेद होती है, कुछ लाल, कुछ भूरी तथा कुछ राख के रंग की होती है। कहीं-कहीं पीली और काली मिट्टी भी पायी जाती है। विभिन्न द्रव्यों की उपस्थिति के कारण ये रंग मिट्टी में आ जाते हैं। मिट्टी के रंग पर जलवायु का भी प्रभाव पड़ता है। श्वेत मिट्टी में चूने की मात्रा की अधिकता के कारण उजला रंग हो जाता है। इस प्रकार की मिट्टी वहीं पायी जाती है जहाँ वर्षा कम होती है।

लाल मिट्टी में लोह (Iron) की मात्रा अधिक रहती है। उसका रंग लाल होने का यही कारण है। इस प्रकार की मिट्टी उस भाग में पायी जाती है जहाँ वर्षा अधिक होती है।

भूरी मिट्टी में भी लोह अधिक मात्रा में रहता है। इस प्रकार की मिट्टी उष्ण प्रदेश में पायी जाती है।

पीली मिट्टी के मिलने का स्थान उष्ण प्रदेश है तथा इस मिट्टी में भी लोह की मात्रा अधिक रहती है।

लोह भिन्न-भिन्न आक्सीकरण की अवस्था को प्राप्त होने से रंग बदलता रहता है, इसलिएं मिट्टियों का भी रंग बदल जाता है।

काली मिट्टी का रंग कार्बनिक पदार्थ तथा ह्यूमस (Humus) के रहने के कारण काला है। ऐसी मिट्टी जहाँ अधिक वर्षा होती है वहाँ पायी जाती है।

अगले अध्याय में, जहाँ मिट्टी के वर्गीकरण पर प्रकाश डाला गया है, मिट्टियों के रंगों का विशेष ज्ञान प्राप्त हो जायगा।

६. **मिट्टी का भार** (Weight of soil)—मिट्टी के भार का ज्ञान मिट्टी के आपेक्षिक घनत्व को जानने से प्राप्त हो सकता है। किसी विशेष आयतन के मिट्टी के ठोस कण, उसी आयतन के जल से, कितने गुने भारी हैं, इसी को जान लेने पर मिट्टी का भार जाना जा सकता है। मिट्टी का अधिकांश भाग खनिज पदार्थों द्वारा बना हुआ है, और इन खनिज पदार्थों का आपेक्षिक घनत्व लगभग २.५ होता है। ऊपर आपेक्षिक घनत्व का उल्लेख किया गया है। यदि मिट्टी में कार्बनिक पदार्थ और जीवांश अधिक हों तो मिट्टी हलकी हो जाती है।

७. **कणान्तरिक छिद्र** (Pores of soil)—मिट्टी में कणान्तरिक छिद्र होते हैं। ये छिद्र मिट्टी के कणों के बीच में रहते हैं। कणों का एक-दूसरे से सम्पर्क ऐसा होता है कि कणान्तरिक छिद्र का आयतन अधिक या कम हो सकता है। यह कणों के विन्यास पर निर्भर रहता है। प्रकृति में कणों का आकार समान नहीं होता, इसके अनेक रूप होते हैं। सरलता के लिए यह मान लिया गया है कि कण गोलाकार हैं। यदि यह मानकर हम कणांतरिक छिद्रों का अनुभव प्राप्त करना चाहें तो यह जानना आवश्यक होगा कि मिट्टी के गोलाकार कण किस भाँति वितरित हैं तथा इनका विन्यास कैसा है। गोलाकार कण एक-दूसरे के साथ चार प्रकार के नियमों से व्यवस्थित हो सकते हैं—

क्रम १—स्तम्भवत् (Columner) **नियम**

क्रम २—सघन (Compact) **नियम**

क्रम ३—तिर्यक् (Oblique) **नियम**

क्रम ४—दानेदार (Granular) **नियम**

क्रम १. स्तम्भवत् नियम—इस नियम में प्रत्येक कण एक-दूसरे से चार स्थानों पर मिलता है। ऐसे विन्यास में कणान्तरिक छिद्र का प्रतिशत आयतन अधिक होता है। यह मिट्टी के कुल-आयतन का लगभग ५० प्रतिशत है। इसका अनुपात कणों के छोटे या बड़े होने पर निर्भर नहीं है।

क्रम २. सघन नियम—इस नियम द्वारा बड़े कणों के बीच में छोटे कण अपना स्थान बना लेते हैं। ऐसी दशा में कणान्तरिक छिद्र का अधिकृत स्थान, मिट्टी के सम्पूर्ण

आयतन का लगभग २५ प्रतिशत अथवा इससे भी कम हो सकता है। ऐसी मिट्टी में कणान्तरिक छिद्र के कम रहने से पानी का यातायात कम हो जाता है तथा पौधों के लिए यह हानिकारक होता है। इसमें हवा का भी प्रवेश एवं संचालन, जो पौधों के लिए अत्यन्त आवश्यक है, विशेष रूप से नहीं होता।

क्रम ३. तिर्यक् नियम—इसमें कण एक-दूसरे को छः स्थानों पर स्पर्श करते हैं। कणान्तरिक छिद्र का आयतन लगभग २५ प्रतिशत होता है।

क्रम ४. दानेदार नियम—इस नियम के अनुसार बहुत से छोटे-छोटे कण परस्पर मिलकर एक बड़ा कण बन जाते हैं। कणान्तरिक छिद्र छोटे-छोटे और बड़े कणों के बीच के कणान्तरिक छिद्रों के योग से बनता है। कणान्तरिक छिद्र का अधिकृत स्थान ५० प्रतिशत होता है।

इन चार प्रकार के कण-विन्यासों के अतिरिक्त मिश्रित कण-विन्यास भी होता है, जिसमें किसी प्रकार का नियम नहीं होता। इसमें कणों का आकार भिन्न-भिन्न होने से नियम का अभाव है। ऊपर के उल्लेख से कणान्तरिक छिद्र की परिभाषा दी जा सकती है। इसकी परिभाषा यों है —

"कणान्तरिक छिद्र मिट्टी के प्रतिशत आयतन का वह भाग है जो मिट्टी के कणों द्वारा अधिकृत नहीं है।"

जिस मिट्टी में जल नहीं है उसमें कणान्तरिक छिद्र हवा से पूरित रहते हैं। किसी-किसी मिट्टी में जल और वायु दोनों ही भरे रहते हैं।

कणान्तरिक छिद्रों का आकार कणों के विन्यास पर निर्भर है। मिट्टी के कणान्तरिक छिद्र की गणना उसके आभासीय और प्रकेवल आपेक्षिक घनत्व से हो सकती है। आभासीय आपेक्षिक घनत्व, प्राकृतिक अवस्था में मिट्टी के किसी भी आयतन को तौलने से मालूम हो सकता है। यह एक घन सेंटीमीटर मिट्टी और स्थानान्तरिक छिद्रों के वजन का प्रतिनिधित्व करता है। पूर्ण कणान्तरिक छिद्रों की गणना नीचे लिखे समीकरण से हो सकती है —

$$\text{प्रतिशत कणान्तरिक छिद्र} = \left(१ - \frac{\text{आभासीय आपेक्षिक घनत्व}}{\text{प्रकेवल आपेक्षिक घनत्व}}\right) \times १००$$

इस समीकरण से कणान्तरिक छिद्रों के प्रतिशत आयतन का पता लगाया जा सकता है। किन्तु इससे यह पता नहीं चलता कि छिद्रों का आकार कितना है और किस रूप में है।

जैसा ऊपर उल्लेख किया जा चुका है, कणान्तरिक छिद्रों का अधिकृत स्थान मिट्टी के आयतन का ५०वाँ प्रतिशत होता है। बलुई मिट्टियों में यह आयतन कम होता है। मटियार और कार्बनिक (Heavy and Carbonic) मिट्टियों में कणान्तरिक छिद्र का यह आयतन अधिक होता है। नीचे दी हुई सारणी संख्या ९ में भिन्न-भिन्न मिट्टियों के कणान्तरिक छिद्रों का आयतन भिन्न-भिन्न गहराइयों पर दिया गया है।

सारणी संख्या ६

भिन्न-भिन्न मिट्टियों के कणान्तरिक छिद्र

क्रम० सं०	विभिन्न मिट्टियाँ	गहराई इंच में	कणान्तरिक छिद्र आयतन प्रतिशत
१.	बलुई मिट्टी Sandy soil	०–३″ में	६०.६
२.	मटियार मिट्टी Heavy soil	१½–१०″ में	४४.४
३.	सिल्ट मिट्टी Silt soil	३½″ में	३१.३
४.	मार्शल सिल्ट मिट्टी Marshel silt soil	१८½″ में	६०.३
५.	काली केवाल मिट्टी	३५″ में	४०.२
६.	वर्नन बलुई मिट्टी Vernon sandy soil	२½″ में	४१.५

पूर्ण कणान्तरिक छिद्र का माप उतना आवश्यक एवं लाभप्रद नहीं है जितना केशीय एवं अकेशीय कणान्तरिक छिद्रों का माप आवश्यक होता है। मटियार मिट्टी (Heavy Soil) में कणान्तरिक छिद्र छोटे-छोटे होते हैं, जिसके कारण जलशोषण-शक्ति अधिक होती है एवं जल का बहाव कम होता है। बलुई मिट्टी (Sandy Soil) में कणान्तरिक छिद्र बड़े-बड़े होते हैं, जिसके कारण जल-शोषणशक्ति कम होती है और पानी का बहाव तेज होता है। केशीय (Capillary) और अकेशीय (Non-capillary) कणान्तरिक छिद्रों के सापेक्षिक अनुपात (Relative proportion) का प्रभाव मिट्टी की संरचना पर पड़ता है। अकेशीय कणान्तरिक छिद्र से हमारा तात्पर्य मिट्टी के उन बड़े छिद्रों से है जिनमें पानी नहीं ठहर सकता। इन छिद्रों में अधिकतर वायु का समावेश रहता है, जो पानी के संचालन में सहायता देता है।

केशीय कणांतरिक छिद्र से हमारा तात्पर्य मिट्टी की उन बारीक नलियों से है, जिनमें पानी भरा रहता है और नीचे की ओर उनका जल्द बहाव नहीं होता। इन्हीं छिद्रों द्वारा हम पानी की शोषण-शक्ति का पता लगा सकते हैं। जैसा ऊपर कहा जा चुका है, केशीय और अकेशीय छिद्रों का प्रभाव मिट्टी के भौतिक गुणों पर पड़ता है। इसका विशेष सम्बन्ध मिट्टी के संरचना-समूह से है। नीचे दी गयी सारणी संख्या १० से इसका पता चलता है।

सारिणी संख्या १०

कणान्तरिक छिद्र का संरचना समूह से सम्बन्ध

क्र.सं.	मिट्टी के गुण	मिट्टी के समूह का व्यास मिलीमीटर में				
		०.५ से कम	५.०—१.०	१.०—२.०	२.०—३.०	३.०—५.०
१.	सम्पूर्ण कणान्तरिक छिद्र प्रतिशत	४७.५	५०.०	५४.७	५९.६	६२.६
२.	अकेशीय कणान्तरिक छिद्र प्रतिशत	२.७	२४.५	२९.६	३५.१	३८.७
३.	केशीय कणान्तरिक छिद्र प्रतिशत	४४.८	२५.५	२५.१	२४.५	२३.९
४.	मिट्टी में वायु-अन्त-र्गत आक्सिजन प्रतिशत	५.४	१८.६	१९.३	१९.४	—
५.	मिट्टी में आक्सिजन प्रतिशत	०.१	४.५	५.७	६.७	७.५
६.	नाइट्रेट नाइट्रोजन मिलीग्राम, नाइ-ट्रोजन, प्रति १००० ग्राम मिट्टी,	९.०	१९.१	—	३४.०	४५.८

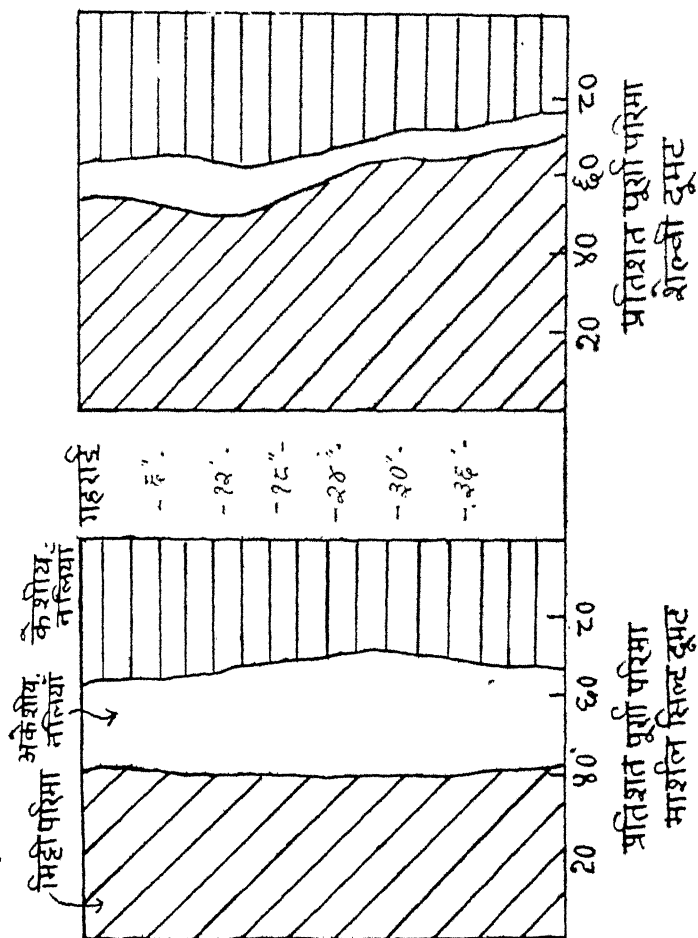
इस सारणी में दिये हुए आँकड़ों से यह स्पष्ट है कि जैसे-जैसे संरचना समूह का आकार कम होता जाता है, वैसे-वैसे पूर्ण कणान्तरिक छिद्र भी कम होते जाते हैं। मिट्टी में वायु की कमी होती जाती है और पानी की शोषण-शक्ति बढ़ जाती है। यह बात जानने योग्य है कि मिट्टी में आक्सिजन और नाइट्रेट का बड़े कणान्तरिक छिद्रों से बहुत घनिष्ठ सम्बन्ध है।

आधुनिक वैज्ञानिक अनुसंधानों से यह पता चलता है कि मिट्टी के अकेशीय कणान्तरिक छिद्र का जल के बहाव से गहरा सम्बन्ध है। अत्यन्त उर्वरा और आदर्श मिट्टी में केशीय और अकेशीय कणान्तरिक छिद्रों का आयतन बराबर-बराबर होना चाहिए।

चित्र संख्या १५ 'ख' में आप केशीय और अकेशीय कणान्तरिक छिद्रों का प्रदर्शन पायेंगे।

मार्शल सिल्ट मिट्टी में अकेशीय कणान्तरिक छिद्र पूर्ण कणान्तरिक छिद्र का ५० प्रतिशत है, लेकिन शेल्बी मिट्टी में केशीय कणान्तरिक छिद्र ८९ प्रतिशत है। इसमें जल-शोषण-शक्ति अधिक है और हवा एवं पानी का बहाव कम है।

८. मिट्टी की संरचना (Structure of Soil *or* Aggregate Formation)

ऊपर इसका उल्लेख किया गया है कि मिट्टी के कण आपस में मिलकर विभिन्न प्रकार के आकार प्राप्त करते हैं। कणों की संरचना (Aggregate Formation) को, लोष्टन क्रिया (Flocculation) द्वारा जो संरचना होती है उससे भिन्न समझना चाहिए। लोष्टन विद्युत् शक्ति द्वारा होता है। जब एक कण दूसरे से टकराता है तब दोनों की विद्युतशक्ति द्वारा आकर्षण होता है और इसी तरह बहुत से कण आपस में मिलकर एक पुञ्ज बन जाते हैं, जिसे हम लोष्टित कणपुञ्ज कह सकते हैं। किन्तु यह कण-समूह का बनना स्थायी नहीं है। जल तथा अन्य द्रव्यों द्वारा यह कणसमूह भंग होकर फिर छोटे-छोटे कणों में परिवर्त्तित हो जाता है। मिट्टी में कुछ ऐसे भी द्रव्य हैं जो कणों को एक-दूसरे के साथ बाँधकर रख सकते हैं। जब विद्युत्क्रिया द्वारा कण-समूह बन जाते हैं, तब ये द्रव्य उन समूहों से मिलकर कणों को अधिक शक्ति के साथ बाँधते हैं और मिट्टी की रचना विभिन्न रूप में करते हैं। इसका उल्लेख "कणों के क्रम" नामक अध्याय में सचित्र किया गया है। इन द्रव्यों में "लोह" और कार्बनिक पदार्थ विशेष उल्लेखनीय हैं। इस प्रकार की संरचना जो बाँधनेवाले द्रव्यों द्वारा प्राप्त होती है, काफी टिकाऊ होती है। यह संरचना (कणसमूह) जल द्वारा नष्ट नहीं होती है। इस संरचना में लोह तथा कार्बनिक द्रव्य के साथ-साथ कैलसियम नामक द्रव्य

चित्र १५ ख—केशीय और अकेशीय कणान्तरिक छिद्रों का प्रदर्शन

का भी स्थान महत्त्वपूर्ण है। मिट्टी के छोटे छोटे कण, जिन्हें हम चिकनी मिट्टी (Clay) कहते हैं, कणों की समूहरचना में सहायक होते हैं। जैसा कि ऊपर कहा गया है, कणों की समूहरचना से मिट्टी में अवचूर्ण रचना (Crumb structure) की क्रिया होने लगती है। इस क्रिया द्वारा कृषि में बहुत सहायता पहुँचती है। मिट्टी में पानी का ठहराव अधिक होने लगता है तथा जुताई में सुगमता होती है।

अब हम विस्तारपूर्वक यह वतलाने की चेष्टा करते हैं कि कौन-कौन सी भौतिक और रासायनिक क्रियाओं द्वारा मिट्टी में कणसमूह की रचना हो सकती है।

मिट्टी के छोटे-छोटे कण, जिनका नाम चिकनी मिट्टी (Clay) है, इस समूह-रचना में प्रधान सहायक होते हैं। इन छोटे-छोटे कणों के ऊपर ऋण-विद्युत् वर्त्तमान है। जल के परमाणु, जिन पर धन और ऋण दोनों विद्युत् वर्तमान हैं और जो द्विध्रुव (Dipolar) हैं, चिकनी मिट्टी के कणों के चारों तरफ ऋण और धन विद्युत् के आकर्षण से बिखरे रहते हैं। जल-परमाणु की धन विद्युत् का हिस्सा चिकनी मिट्टी के कण की ओर रहता है, क्योंकि इस पर ऋण विद्युत् का आधिपत्य है और जल-परमाणु की ऋण विद्युत् का हिस्सा द्रव्यों के धन-आयन (Cation) से मिला रहता है, क्योंकि इस पर धन विद्युत् (Positive electricity) का आधिपत्य है। चित्र संख्या १५ 'ग' से इसका स्पष्टीकरण हो जाता है।

Ca K

चिकनी मिट्टी कण

चित्र १५ ग—चिकनी मिट्टी कण के चारों तरफ बिखरे जलपरमाणु

इस प्रकार की अवस्था में जब जल का ह्रास होता है, तब चिकनी मिट्टी (Clay) के कण धन-आयन (Cations) के अधिक पास आ जाते हैं, और बीच में कुछ स्थान रह जाता है जो इस क्रिया द्वारा अवचर्ण रचना बन जाता है। इस क्रिया में कार्बनिक पदार्थ अधिक सहायता पहुँचाते हैं। कार्बनिक कलिल पदार्थ (Organic colloidal matter) के ऊपर ऋण विद्युत् का आधिपत्य है। ये कलिल पदार्थ जल के द्वारा अकार्बनिक कलिल पदार्थ से मिलकर अवचूर्ण रचना में सहायता पहुँचाते हैं। कार्बनिक कलिल पदार्थों द्वारा जो अवचूर्ण रचना बनती है, वह अधिक टिकाऊ होती है और इस पर जल-प्रपात तथा वर्षा का क्षयकर

प्रभाव अधिक नहीं होता। रेगिस्तानों में भी कार्बनिक कलिल पदार्थ द्वारा अवचूर्ण रचना के बनने का पूर्ण प्रमाण रसायनज्ञों को प्राप्त हुआ है। यही कारण है कि कृषि की वृद्धि और सफलता के हेतु मिट्टी में कार्बनिक पदार्थ डालने की परिपाटी सदियों से चली आ रही है। वैज्ञानिकों का मत है कि कार्बनिक कलिल पदार्थों द्वारा बनी हुई अवचूर्ण रचना, कैलसियम (calcium), लोह और एल्यूमिनियम द्वारा बनी हुई अवचूर्ण रचना से कहीं अधिक टिकाऊ होती है। इसका प्रधान कारण यह है कि जलविहीन होने पर ह्यूमस कार्बनिक कलिल और अकार्बनिक कलिल (Inorganic colloid) में परस्पर दृढ़ संबन्ध स्थापित करता है। इस विषय में हमारा ज्ञान अभी अधूरा है। हमें अभी यह भी जानने की आवश्यकता है कि कौन सी रासायनिक और भौतिक शक्ति इन दोनों को परस्पर मिलाती है, जिससे ये आपस में दृढ़ता के साथ जुटे रहते हैं। कार्बनिक पदार्थों की जाँच हम प्रतिशत कार्बन के विश्लेषण द्वारा करते हैं। यह अन्वेषण द्वारा जान लिया गया है कि मिट्टी में स्थित कार्बन और प्रतिशत अवचूर्ण रचना (Percentage of aggregates) में अत्यन्त अधिक सहसम्बन्ध है और सहसम्बन्ध गुणक (Coefficient of correlation) अनुलोम (Positive) है। इससे यह सिद्ध होता है कि कार्बनिक पदार्थ अवचूर्ण रचना के बनने में सहायता पहुँचाता है। अनुलोम सहसम्बन्ध-गुणक चिकनी मिट्टी के कण और अवचूर्ण सामूहिक रचना में भी प्राप्त हुआ है, किन्तु यह कार्बनिक पदार्थ से पाये गये गुणक से बहुत कम है। इसका तात्पर्य यह है कि अकार्बनिक चिकनी मिट्टी के कण अवचूर्ण रचना के संघटन में उतनी अधिक सहायता नहीं पहुँचाते, जितनी कार्बनिक द्रव्य पहुँचा सकते हैं।

बहुत-सी मिट्टियों के परीक्षण से यह पता चला है कि विनिमय योग्य कैलसियम और सामूहिक रचना में सम्बन्ध नहीं है। तब कैलसियम किस प्रकार सामूहिक रचना में सहायता पहुँचाता है? अनुसन्धान करने से यह पता चला है कि कैलसियम कार्बनिक पदार्थों के साथ मिलकर उनको ऐसी अवस्था में बदल देता है, और मिट्टी के सड़ने से ह्यूमस नामक कार्बनिक यौगिक पदार्थ के साथ कुछ ऐसी प्रतिक्रिया करता है जिससे चिकनी मिट्टी के कण सामूहिक अवस्था को प्राप्त हो जाते हैं और अवचूर्णीय संरचना में सहायता पहुँचाते हैं।

मिट्टी में कणों की सामूहिक रचना के ऊपर जलवायु का प्रभाव भी पड़ता है। वर्षा और तापमान का सम्बन्ध कणसंरचना और अवचूर्णता से रहता है। मिट्टी में स्थित कणों के आकार का प्रभाव सामूहिक कणसंरचना तथा अवचूर्णता (aggre-

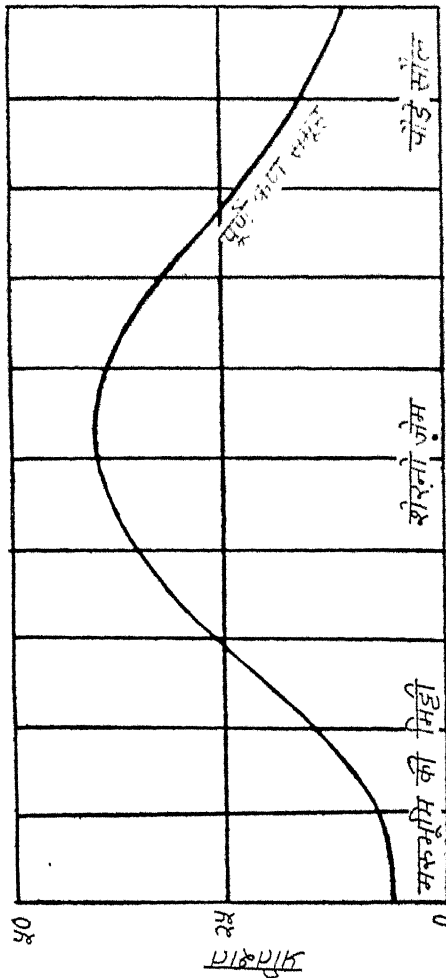
gate and crumb formation) पर अत्यन्त महत्त्वपूर्ण है। यदि मिट्टी में मोटे-मोटे कण अधिक रहते हैं तब अवचूर्णता के होने में कुछ कठिनाई पड़ती है। छोटे-छोटे तथा चिकनी मिट्टी के कणों की अधिकता होने पर आपस में इन कणों की संरचना हो जाती है और ये अवचूर्ण अवस्था को प्राप्त हो जाते हैं। बहुत-सी मिट्टियों की जाँच से यह पता चला है कि अवचूर्णता और जलवायु में सह-सम्बन्ध-गुणांक स्थापित किया जा सकता है।

शुष्क जलवायु में जहाँ रेतीली भूमि बहुत है, ऋतुक्षरण क्रिया अत्यन्त कम है और इसी लिए वहाँ बालू एवं मोटे-मोटे कण बहुत होते हैं। इस जलवायु में रेतीली मिट्टी बहुत कम होती है और इन मिट्टियों में कणों की सामूहिक संरचना द्वारा अवचूर्णीय अवस्था नहीं प्राप्त हो सकती। उष्ण जलवायु में जहाँ वर्षा न अधिक ज्यादा न अधिक कम होती है, कणों की सामूहिक रचना और अवचूर्णता बहुत होती है। जहाँ वर्षा की अधिकता है और तापमान भी अधिक है, वहाँ संरचना की कमी है। चित्र संख्या १५ (घ) में यह बात स्पष्ट रूप से दिखलायी गयी है।

जैसे-जैसे वार्षिक वर्षा अधिक होती गयी है, वैसे-वैसे संरचना भी अधिक होती गयी है। फिर एक ऐसी अवस्था आती है, जब वर्षा के बढ़ने से संरचना पर हानि होने लगती है और कण बिखर जाते हैं।

अधिक वर्षा होने से ऊपर की सतह में स्थित चिकनी मिट्टी का ह्रास होने लगता है और वह छनकर नीचे आने लगती है। इसलिए संरचना का अभाव है। जहाँ वर्षा की कमी है वहाँ ऊपर की सतह पर कैलसियम अधिक रहता है जो संरचना में सहायक होता है। सोडियम नामक द्रव्य जो कम वर्षावाले देशों की मिट्टियों में रहता है, संरचना के लिए हानिकारक है, क्योंकि यह द्रव्य कणों को परस्पर जुटने नहीं देता। जिन प्रान्तों में तापमान अधिक है, वहाँ की मिट्टियों में अधिक ताप के कारण कार्बनिक पदार्थ नष्ट हो जाते हैं, इसलिए संरचना में कमी हो जाती है। उष्ण प्रदेश में जहाँ कैलसियम की कमी रहती है और मिट्टी में आम्लिक गुण अधिक रहते हैं, संरचना की कमी रहती है, किन्तु उन्हीं प्रदेशों की मिट्टियों में जहाँ लौह और एल्यूमिनियम अधिक रहता है, संरचना भी अधिक होती है।

इस संरचना का प्रधान कारण है लोह और एल्यूमिनियम के आक्साइड से जल का निवारण हो जाना। क्रमिक उष्णता और शुष्क अवस्था से कणों की संरचना में कुछ ऐसा प्रभाव पड़ता है कि कण बिखर जाते हैं। इसी प्रकार का प्रभाव संरचना पर बर्फ के प्रदेशों में भी पड़ता है, जहाँ क्रम से बर्फ जमती और गलती है। कुछ भौतिक क्रियाएँ

भी मिट्टी की संरचना में सहायता पहुँचाती हैं, जैसे पौधों की जड़ों का बढ़ना और मिट्टी के कणों पर दबाव का पड़ना। वैज्ञानिक अनुसन्धान से यह पता चलता है कि जड़ों के बढ़ने से कण परस्पर निकट हो जाते हैं, फलस्वरूप संरचना में सुगमता होती है।

चित्र १५ घ—वर्षा से संरचना का सम्बन्ध

इस विषय पर विचार करते हुए यह ध्यान रखना अति आवश्यक है कि पौधों की जड़ों के आसपास कुछ ऐसे कार्बनिक पदार्थ कीटाणुओं द्वारा संश्लेषित होते हैं, जो मिट्टी के

कणों का समूह बनाकर संरचना (Crumb-structure) की उत्पत्ति करते हैं। पौधों की जड़ से कुछ ऐसे कार्बनिक पदार्थ अवश्य निकलते हैं जो संरचना में सहायता पहुँचाते हैं। इससे यह सिद्ध होता है कि उस प्रकार के पौधे जिनकी जड़ें घनी एवं दूर तक फैलनेवाली होती हैं, मिट्टी में कणों की संरचना में सहायता पहुँचाते हैं। यही नहीं, वर्षा तथा सिंचाई द्वारा पानी की धारा से तथा नीचे की ओर बहाव होने से कण-संरचना के छिन्न-भिन्न होने की संभावना नहीं रहती। जब मिट्टी में पानी सूख जाता है, तब शुष्क अवस्था में यह संरचना छिन्न-भिन्न हो जाती है और कण अलग-अलग हो जाते हैं। चिकनी मिट्टी में पानी न रहने पर भी कुछ देर तक कण-संरचना बनी रहती है। जब बहुत पानी पड़ता है, तब यह कण पानी को शोषित करके आयतन में बढ़ जाते हैं और कण अलग-अलग हो जाते हैं। ऐसी स्थिति में पानी का नीचे की ओर बहाव कम हो जाता है।

(ग) मिट्टी का भौतिक विश्लेषण

१. मिट्टी की भौतिक संरचना—जैसा कहा गया है, मिट्टी की उत्पत्ति शिलाओं और पत्थरों से हुई है तथा मिट्टी में जो खनिज अकार्बनिक पदार्थ पाये जाते हैं, वे उन्हीं चट्टानों में पाये जानेवाले खनिजों से सम्बन्ध रखते हैं। मिट्टी के कार्बनिक पदार्थ उसके ऊपर जीव-जन्तु के मल-मूत्र द्वारा तथा उसके ऊपर कीटाणुओं की मृत्यु से सम्बन्धित हैं।

मिट्टी एक विच्छिन्न-प्रणाली है अर्थात् इसमें छोटे और बड़े कण सभी परिमाण में उपस्थित हैं और उनके बीच जलवायु का समावेश है। मिट्टी में ठोस पदार्थ ही अधिक हैं और वे अवकीर्ण अवस्था (Dispersed phase) में विद्यमान हैं। जल और वायु अपकीर्ण माध्यम (Medium of dispersion) हैं। वे इन्हीं ठोस कणों के अन्तराल (Interstices) में प्रस्तुत हैं। जो ठोस पदार्थ कलिल अवस्था में रहते हैं, वे पूर्ण विसर्जन वा विच्छिन्न अवस्था में अथवा सामूहिक तथा कणीभूत (Granulated) अवस्था में पाये जाते हैं। मिट्टी के छोटे-छोटे कण जब विच्छिन्न या बिखरी अवस्था में रहते हैं तब उन्हें वयन पृथक्कृत (Textural separates) कहते हैं। छोटे-छोटे कणों के इकट्ठे होने से जो सामूहिक रचना हो जाती है उसे संरचनात्मक पृथक्कृत (Structural separates) कहते हैं।

तल (Surface) का कण परिमाण (Particle size) से सम्बन्ध है। यदि हम किसी पदार्थ को कई भागों में विभाजित करें तो हमको अधिक से अधिक मात्रा में तल की वृद्धि प्राप्त होगी। सतह बहुत बढ़ जायगी।

मान लीजिए कि एक सेन्टीमीटर का एक घन है, जिसमें ६ सतह हैं और हर-एक की लम्बाई एक सेन्टीमीटर और चौड़ाई एक सेन्टीमीटर है। यदि हम हर एक तल के १० भाग करें और घन के टुकड़े कर दें, जिससे एक सेन्टीमीटर के घन में १००० टुकड़े हो जायँ, जो सब बराबर हों और हर एक टुकड़ा एक घन हो, जिसका हर एक तल १/१० सेन्टीमीटर लम्बाई और उतनी ही चौड़ाई रखता हो, तो ऐसे घन का आयतन १/१००० सेन्टीमीटर होगा और हर एक तल का क्षेत्रफल १/१०० वर्ग सेन्टीमीटर होगा, जब कि पहले घन का आयतन (Volume) एक घन सेन्टीमीटर था और उसके हर एक तल का क्षेत्रफल एक वर्ग सेन्टीमीटर था। पहले घन के पूर्ण तल का माप ६ वर्ग सेन्टीमीटर था, जिसमें १००० छोटे-छोटे घन के टुकड़े हुए, और इनका पूर्ण आयतन (Surface) $\frac{६ \times १ \times १०००}{१००}$ = ६० वर्ग सेन्टीमीटर होगा। इससे साफ प्रकट होता है कि एक घन, जिसका पूर्ण तल (Total-surface) ६ वर्ग सेन्टीमीटर था, १००० छोटे-छोटे घनों में विभाजित होने पर, इन सभी छोटे छोटे घनों का पूर्ण तल ६० वर्ग सेन्टीमीटर हो जायगा अर्थात् पूर्ण तल (Total surface) दस गुना बढ़ जायगा।

किसी पदार्थ के छोटे-छोटे कण यदि विभाजित किये जाते हैं तो अन्त में उसके तत्त्वों का अणु और परमाणु के रूप में प्राप्त होना संभव है। किन्तु इस अवस्था को प्राप्त होने के पूर्व उस पदार्थ के छोटे-छोटे कण अत्यन्त सूक्ष्म रूप से विशेष यन्त्रों द्वारा गतिमान् दृष्टिगोचर होते हैं। इस अवस्था को हम पदार्थ की कलिलीय (Colloidal) अवस्था (State) कहते हैं।

जब पदार्थ की यह अवस्था पायी जाती है तब उसका पूर्ण आपेक्षिक तल (Specific Surface) १/१००००० वर्ग सेन्टीमीटर हो जाता है। एक ग्राम गोलाकार कणों का, जिनका व्यास ०—००२ मिलीमीटर है, पूर्ण क्षेत्रफल ११३२० सेन्टीमीटर होगा।

सारणी संख्या ११ में गोले के व्यास का सम्बन्ध मिट्टी के टुकड़ों से और विभाजित होने पर, छोटे टुकड़ों की संख्या से दिया हुआ है।

अब इससे साफ पता चलता है कि घन को या गोले को विभाजित करने पर तल की वृद्धि बहुत हो जाती है। तल की वृद्धि से मिट्टी में स्थित पौधों के लिए पोषक द्रव्यों का घनिष्ठ सम्बन्ध है। इसकी व्याख्या आगे चलकर की जायगी। यहाँ पर इतना बतलाना ही आवश्यक है कि मिट्टी में बड़े पत्थरों के टुकड़े जितने ही छोटे-छोटे रूप में विभाजित होंगे, उतनी ही मिट्टी कृषि के लिए उत्तम और पौधों के लिए पौष्टिक

सारणी संख्या ११

आयतन प्रति कण

क्र.सं.	गोले का व्यास		$\frac{१}{२}\pi$ व्यास^{२}	$\frac{\pi}{६}$ घन सेन्टीमीटर में कणों की संख्या	सम्पूर्ण सतह π व्यास$^{२}\times$ कणों की संख्या
१.	१ घन सें० मी०	पत्थर के छोटे टुकड़े	$\frac{१}{६}\pi\ (१)^{३}$	१	३.१४ वर्ग सें० मी० = .४९ वर्ग इंच
२.	०.१ सें० मी० (१ मि० मी०)	मोटी बालू,	$\frac{१}{६}\pi\ \left(\frac{१}{१०}\right)^{३}$	$१\times(१०)^{३}$	३१.४२ वर्ग सें० मी० = ४.८७ वर्ग इंच
३.	.७५ सें० मी० (.५ मि० मी०)	मध्यम आकार की बालू	$\frac{१}{६}\pi\ \left(\frac{५}{१००}\right)^{३}$	$८\times(१०)^{३}$	६२.८३ वर्ग सें० मी० = ९.७४ वर्ग इंच
४.	.०१ सें० मी० (.१ मि.मी. या १००b)	बहुत महीन बालू	$\frac{१}{६}\pi\ \left(\frac{१}{१००}\right)^{३}$	$१\times(१०)^{६}$	३१४.६२ वर्ग सें० मी० = ४८.६७ वर्ग इंच
५.	.००५ सें० मी० (.०५ मि.मी. या ५०b)	मोटी बालू	$\frac{१}{६}\pi\ \left(\frac{५}{१००}\right)^{३}$	$८\times(१०)^{६}$	६२८.३२ वर्ग सें० मी० = ९७.३४ वर्ग इंच
६.	.००२ सें० मी० (.०२ मि.मी. २०b)	सिल्ट	$\frac{१}{६}\pi\ \left(\frac{२}{१०००}\right)^{३}$	$१२५\times(१०)^{६}$	१५७०.८ वर्ग. सें० मी० = १.६९ वर्ग फुट

७.	.०००५ सें० मी० (·००५मि.मी.या५b)	महीन सिल्ट	$\frac{१}{६}\pi\left(\frac{५}{१०००००}\right)^३$	८×१०^९	६२८३.२ वर्ग सें० मी०= ६.७६ वर्ग फुट
८.	.०००२ सें० मी० (.००२मि.मी.या२b)	केवाल	$\frac{१}{६}\pi\left(\frac{२}{१०००००}\right)^३$	१२५×१०^९	१५७०८ वर्ग सें० मी०= १६.९ वर्ग फुट
९.	.०००१ सें० मी० (.००१मि.मी. या१b)	केवाल	$\frac{१}{६}\pi\left(\frac{१}{१०००००}\right)^३$	१×१०^{१२}	३१४१६ वर्ग सें० मी०= ३३.८ वर्ग फुट
१०.	.००००५ सें० मी० (.०००५मि.मी. या ५०० मी.b)	केवाल	$\frac{१}{६}\pi\left(\frac{५}{१००००००}\right)^३$	८×१०^{१२}	६२८३२ वर्ग सें० मी०= ६७.६ वर्ग फुट
११.	.००००२ सें० मी० (.०००२ मि.मी.या २०० मी.b)	कोलो आयडल केवाल	$\frac{१}{६}\pi\left(\frac{२}{१००००००}\right)^३$	१२५×१०^{१२}	१५७०८० वर्ग सें० मी०= १६९ वर्ग फुट
१२.	.००००१ सें० मी० (.०००१ मि. मी. या १ मी. b)	कोलो आयडल केवाल	$\frac{१}{६}\pi\left(\frac{१}{१००००००}\right)^३$	१×१०^{१५}	३१४१६० वर्ग सें० मी०= ३३८ वर्ग फुट
१३.	.०००००५ सें० मी० (.००००५ मि.मी. या १ मी.b)	कोलो आयडल केवाल	$\frac{१}{६}\pi\left(\frac{१}{१०००००००}\right)^३$	८×१०^{१५}	६२८३२० वर्ग सें० मी०= ६७६ वर्ग फुट

होगी। परन्तु इसकी भी एक हद है। अधिक कलिलीय (Colloidal) कणों का होना कृषि के लिए हानिकारक और पौधों के लिए अपौष्टिक होगा।

तल के क्षेत्रफल की वृद्धि से जल-शोषण क्रिया भी बढ़ जाती है। जब हम किसी भी मिट्टी के टुकड़े को पानी में डाल देते हैं, तब उसके कणों की ऊपरी सतह पर पानी का शोषण होता है। इस क्रिया को हम अवशोषण (Adsorption) कहते हैं। यदि तल (Surface) के क्षेत्रफल की मात्रा अधिक हुई, तब जल-अवशोषण भी अधिक होगा। जल-अवशोषण भी अधिक मात्रा में पौधों को लाभ पहुँचाता है। पौधे जल द्वारा पौष्टिक पदार्थों को मिट्टी से लेकर अपने भिन्न-भिन्न अवयवों में रासायनिक क्रिया द्वारा उपयुक्त खाद्य पदार्थ बनाते हैं। पौधे जल का निष्कासन (Transpiration) पत्तों द्वारा करते हैं।

तल की वृद्धि से रासायनिक क्रियाओं में वृद्धि होती है। मिट्टी में आक्सीकरण (Oxidation) की क्रिया तथा अन्य रासायनिक क्रियाओं की वृद्धि बहुत अधिक हो जाती है। मिट्टी में जब छोटे-छोटे कण कलिलीय (Colloidal) अवस्था को पहुँच जाते हैं, तब इसके तल के ऊपर रासायनिक क्रियाएँ अत्यन्त वेग से होने लगती हैं। मिट्टी में उत्पन्न कलिल-कण कृषि के लिए बहुत हितकर होते हैं और इन्हें ह्यूमस कहते हैं। ह्यूमस मिट्टी में कार्बनिक पदार्थ से रासायनिक क्रियाओं द्वारा बनता है। इसकी चर्चा आगे चलकर करेंगे। मिट्टी के खनिज पदार्थ, जो छोटे-छोटे कण होते हैं और जो कलिलीय अवस्था में पहुँच जाते हैं, उनको मटियार अथवा चिकनी मिट्टी (Clay) कहते हैं।

सभी वस्तुएँ कलिलीय (Colloidal) अवस्था में पहुँच सकती हैं और इस अवस्था में पदार्थ बहुत ही क्रियाशील होते हैं। इन पर रासायनिक क्रियाएँ बहुत वेग से होती रहती हैं।

मिट्टी के कलिलीय (Colloidal) कणों पर पौधों के उपयुक्त खाद्य पदार्थ, जैसे नाईट्रेट, अमोनिया, फौस्फेट, पोटैशियम(Potassium),मैगनीज(Manganese)इत्यादि तत्त्व शोषित होते हैं और इनका आपस में विनिमय हुआ करता है। इसका भी उल्लेख आगे चलकर किया जायगा। यहाँ इतना ही लिखना उपयुक्त है कि यह विनिमय की क्रिया मिट्टी को उर्वरा बनाने में महत्त्वपूर्ण प्रमाणित हुई है।

२. **मिट्टी के कणों का माप**—मिट्टी के लक्षणों को और उसकी उर्वरा शक्ति को जानने के लिए यह आवश्यक है कि उसके कणों का माप विश्लेषण द्वारा स्थापित किया जाय। यह क्रिया पूर्ण रूप से स्थापित हो चुकी है। मिट्टी में सभी पैमाने के

कण हैं, हर कण को नापकर उसके घन क्षेत्रफल का निकालना अत्यन्त कठिन कार्य है। इसलिए वैज्ञानिकों ने मिट्टी में स्थित कणोंको गोलाकार मानकर उनके व्यास को कई अंशों में विभाजित कर दिया है और प्रति सैकड़े वजन पर उन अंशों की तौल निकालने की प्रणाली स्थित कर दी है। इसे भौतिक विश्लेपण क्रिया द्वारा निकाला जाता है और इसे मिट्टी-रसायन में यान्त्रिक विश्लेपण (Mechanical analysis) कहते हैं। इसकी चर्चा नीचे की जाती है।

मिट्टी के कणों का माप प्रक्रम (Stage) से होता है। पहले हम मिट्टी के कणों को अलग-अलग करते हैं। छोटे-छोटे मिट्टी के कण एक साथ जुटे रहते हैं। इनका आपस में एक-दूसरे से जुटाव अथवा बन्धन अकार्बनिक पदार्थों के मिश्रण द्वारा होता है। ये कण ऐसे बँधे हुए पाये जाते हैं कि कभी-कभी तो बहुत सख्त पत्थर के टुकड़े के समान अत्यन्त कठोर हो जाते हैं। कणों के माप के लिए इनका एक-दूसरे से अलग होना अत्यन्त आवश्यक है। यह क्रिया रासायनिक द्रव्यों के संसर्ग से हो सकती है। पहले तेजाब अथवा अम्ल (Acid) की क्रिया होती है। अम्ल को मिट्टी पर डालने से कार्बोनेट इत्यादि तथा अन्य अकार्बनिक पदार्थ, जो मिट्टी के कणों को बाँधते हैं, नष्ट हो जाते हैं। मिट्टी के साथ हाइड्रोजन पेरोक्साइड मिलाया जाता है जिसके साथ इसकी प्रतिक्रिया होती है। हाइड्रोजन पेरोक्साइड की मात्रा ६ प्रतिशत होती है। मिट्टी को कूट-पीसकर चलनी में छानते हैं। चलनी के द्वारा छनकर जो मिट्टी निकलती है, उसके प्रत्येक कण दो मिलीमीटर व्यास से कम ही होते हैं। हाइड्रोजन पेरोक्साइड देने से मिट्टी के सभी कार्बनिक पदार्थ आक्सीकरण क्रिया द्वारा नष्ट हो जाते हैं। मिट्टी में स्थित अवचूर्ण रचना नष्ट हो जाती है। इस क्रिया द्वारा मिट्टी में स्थित कण पृथक्-पृथक् हो जाते हैं और ऐसी अवस्था में कणों का माप और वर्गीकरण सुलभ हो जाता है। तत्पश्चात् जैसा ऊपर उल्लेख किया जा चुका है, इस मिट्टी के ऊपर हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की प्रतिक्रिया करते हैं, जिससे कार्बोनेट (Carbonate) तथा लोहा (Iron) इत्यादि द्रव्यों का विलयन हो जाता है और छोटे-छोटे कण अधिक टुकड़ों में बँट जाते हैं तथा इनका बन्धन आपस में ढीला पड़ जाता है। अब हम इन मिट्टियों को घोलकर और छानकर सोडियम हाइड्रोक्साइड द्रव्य के साथ एक हजार सी० सी० (C. C.) जल (Distilled Water) में विसर्जन (Dispersion) करते हैं। इस अवस्था में मिट्टी को बोतल में रखकर आठ घंटे तक हिलाया जाता है। यह कार्य यन्त्रों द्वारा होता है। इस तरह हिलाने के बाद जल में मिश्रित मिट्टी के कणों को बड़ी-बड़ी एक हजार सी० सी० (C. C.) की अंकित बोतलों में रखा

जाता है। इन बोतलों में पानी के माध्यम में छोटे-छोटे तथा बड़े-बड़े कण पृथ्वी की आकर्षणशक्ति द्वारा नीचे की ओर गतिशील होते हैं। बड़े कणों का प्रवेग छोटे कणों की अपेक्षा अधिक होता है। इसलिए यह कणों की त्रिज्या (Radius) पर निर्भर रहता है। कणों का प्रवेग माध्यम के घनत्व और आलगत्व (Viscosity, श्यानता) पर भी निर्भर है। इस सम्बन्ध को स्टौक्स (Stocks) नामक वैज्ञानिक ने अपने नीचे दिये हुए समीकरण द्वारा स्पष्ट किया है।

यदि हम प्रवेग को 'v' मान लें, गुरुत्वजनित वेगवर्धन को 'G' मान लें, माध्यम के घनत्व को 'P' मान लें तथा कण की त्रिज्या को 'r' और उसके घनत्व को 'a' मान लें, एवं माध्यम के आलगत्व को 'n' मानें तब $v = \frac{2Gr^2 (a-P)}{९ n}$।

यह समीकरण मिट्टी के कणों के माप में अत्यन्त उपयुक्त सिद्ध हुआ है। यदि हम एक पीपेट (Pippet) द्वारा उपयुक्त समय पर सतह निश्चित लम्बाई पर कणों को खींच लें और उनको सुखाकर तौल लें, तब हमें पता चल जायगा कि उस मिट्टी में प्रतिशत कितने कण कौन-कौन से त्रिज्या माप के हैं। अन्तर्राष्ट्रीय माप द्वारा मिट्टी के कणों का निम्नलिखित वर्गीकरण हुआ है।

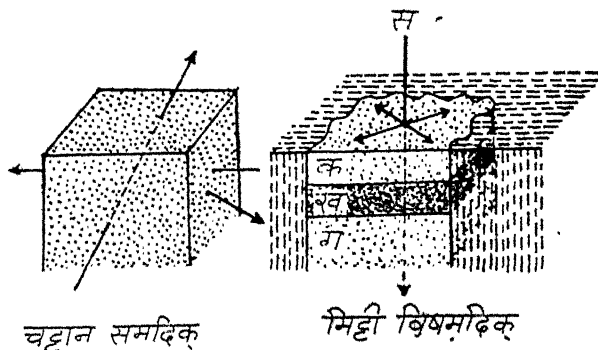
मोटी बालू	...	२ मिलीमीटर व्यास से	०.२ मि० मी०
महीन बालू	...	०.२ मि० मी० व्यास से	०.०२ मि० मी०
सिल्ट	...	.०२ मि० मी० व्यास से	०.००२ मि० मी०
क्ले	...	.००२ मि० मी० व्यास से कम।	

इस प्रकार का वर्गीकरण यद्यपि परिशुद्ध नहीं है तथापि इससे कणों के वर्गीकरण का एक सामान्य परिचय प्राप्त हो जाता है। दो मिलीमीटर की परिधि को परित्याग करने का कारण यह है कि इसके ऊपर की परिधिवाले जितने भी पदार्थ हैं वह चट्टानों के टुकड़ों में निहित हैं, किन्तु मिट्टी में निहित नहीं हैं। चिकनी मिट्टी के कणों की परिधि ०.००२ मि० मी० के नीचे मानी गयी है। इसका कारण यह है कि मिट्टी के कण इस अवस्था में प्राप्त होकर विचित्र लक्षण का प्रदर्शन करते हैं। कणों की इस परिधि पर पदार्थ कलिलीय (Colloidal) अवस्था में पहुँच जाते हैं। इनकी गति और अन्य रासायनिक लक्षण अधिक परिधिवाले कणों की अपेक्षा भिन्न हैं।

ऊपर दिये गये समीकरण से यह पता चलता है कि मिट्टी में स्थित कणों की परिधि का नाप हमें बहुत सरलता से प्राप्त हो सकता है। कारण यह है कि गुरुत्वाकर्षण, घनत्व

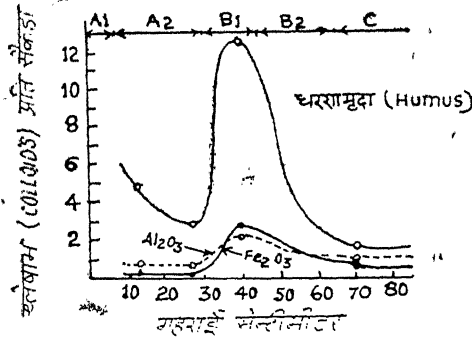
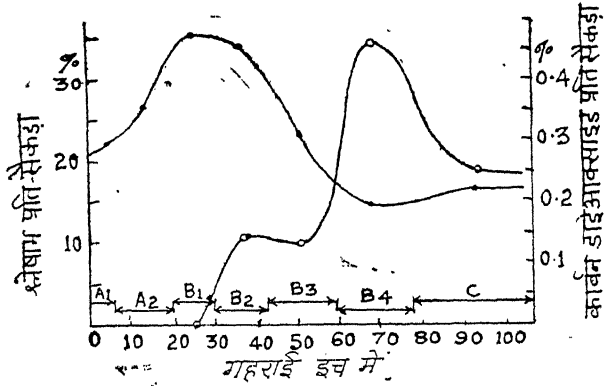
और आलगत्व (श्यानता) की मात्रा हमें प्राप्त है और कणों की गति हमें पिपेट द्वारा स्थित स्थान से मिट्टी के घोल को निकाल लेने से ज्ञात हो जाती है।

३. मिट्टी विश्लेषण-क्रिया द्वारा प्राप्त आँकड़ों का प्रदर्शन—मिट्टी की जाँच करनेवाले वैज्ञानिकों को चाहिए कि वे मिट्टी की जाँच के आँकड़ों को मात्रात्मक (Quantitative) रूप में दें। भौतिक विज्ञान और रसायन विज्ञान के सहारे यह आजकल अति सुगम हो गया है। मिट्टी के सर्वेक्षण (Survey) का कार्य करनेवाले वैज्ञानिकों को भी चाहिए कि वे मिट्टी की पार्श्व जाँच में पाये गये गुणों को, जैसे पार्श्व (Horizon) की चौड़ाई, उसका रूप-रंग इत्यादि मात्रात्मक रूप में प्रकट करें।

मिट्टी के भौतिक विश्लेषण का प्रदर्शन—भौतिक विश्लेषणों में मिट्टी का आन्तरिक तथा वाह्य घनत्व, तापक्षमता (Heat capacity), संवाहिता (Conductivity) मिट्टी-संरचना (Soil structure) सुघट्यता (Plasticity), आर्द्रता तथा समसंयुज (Moisture and equivalent), शैथिल्य प्रतिशतता (Wetting percentage), जलधारण शक्ति, (Waterholding capacity), वाष्पनिपीड वक्र (Vapour pressure curve) इत्यादि गुणों का समावेश है। इन गुणों का मिट्टी की गहराई से क्या संबन्ध हो सकता है, यह जानने के लिए चित्रों की सहायता ली गयी है। मिट्टी की उत्पत्ति, जैसा कि कहा गया है, चट्टानों से होती है। इसलिए चट्टानों को समदिक्[1] कहा जाता है, उनके भीतर चारों दिशाओं में एक समानता पायी जाती

चित्र १५ ङ—**चट्टान का समदिक् तथा मिट्टी का विषमदिक् चित्र**

१ Isotropic—**चट्टान की परतें होती हैं जिनका रासायनिक और भौतिक गुण समान होता है। यदि एक रेखा लम्ब रूप में नीचे की ओर खींची जाय तो मिट्टी के**

है। किन्तु जब छोटे-छोटे कण होकर मिट्टी बनती है तब उनमें विषमता आ जाती है। चित्र संख्या १५ ङ से यह स्वयम् प्रकट है।

चित्र से पता चलता है कि मिट्टी की सतह के नीचे उसकी गहराई विभिन्न भागों में बँटी हुई है। इनमें से प्रत्येक भाग को प्रस्तर (परत, स्तर, Strata) अथवा पार्श्व (Horizon) कहते हैं। प्रत्येक भाग में स्थित मिट्टी के रासायनिक और

चित्र १६—मिट्टी के गुणों का गहराई से सम्बन्ध

चित्र १७—कार्बन डाइ आक्साइड और श्लेषाभ का मिट्टी की गहराई से सम्बन्ध

कई स्तर मिलेंगे जिनमें से प्रत्येक का रासायनिक और भौतिक गुण सामान होता है। इस तरह प्रत्येक स्तर समदिक् कहलाता है।

भौतिक गुण एक-दूसरे से भिन्न हैं। दिये हुए रेखाचित्र से पता चलता है कि विभिन्न भागों में रासायनिक गुण किस प्रकार विभिन्नता को प्राप्त हैं।

चित्र संख्या १६ तथा १७ से स्पष्ट है कि रासायनिक गुण, जैसे श्लेषाभ (कलिल) धरणमृदा, ह्यूमस (Humus), लोह, एल्यूमिनियम (Allumunium) और कार्बन-डाई आक्साइड (CO_2) किस मात्रा में मिट्टी के पार्श्व में स्थित प्रस्तरों (Horizons) में पाये जाते हैं।

मिट्टी के भौतिक गुण भी इसी प्रकार रेखा-चित्र में दिखलाये जा सकते हैं। मिट्टी के भौतिक गुणों में, मिट्टी के कण के व्यास का नाप बहुत ही महत्त्वपूर्ण है। इस नाप के भिन्न-भिन्न वर्गीकरण किये गये हैं। सारणी संख्या १२ में यह दिखलाया गया है।

मिट्टी के भौतिक विश्लेषण में मिट्टी के कणों का माप रासायनिक प्रक्रिया तथा अंकगणित के सहारे किया गया है। इसका विवरण पूर्ण रूप से दे दिया गया है।

मिट्टी के कणों का नीचे की ओर प्रवेग जल में पृथ्वी के आकर्षण और निजी गुरुत्व तथा घनत्व के कारण, एवं उनके कणों के व्यास पर निर्भर है। यह समीकरण स्टोक्स नियम द्वारा सिद्ध कर दिया गया है। इसका उल्लेख ऊपर किया गया है।

१८° सेन्टीग्रेड ताप पर स्टोक्स नियम के अनुसार यह सम्बन्ध इस प्रकार प्रकट किया जा सकता है।

V (प्रवेग, Velocity) = ३४७ ६०.r^2 (कण-त्रिज्या), जब कि
v = पतन प्रवेग (Settling velocity)
r = कण-त्रिज्या (Radius of the Particle)

बहुत-से मिट्टी के वैज्ञानिक, मिट्टी कण के माप का भौतिक विश्लेषण पतन प्रवेग के रूप में प्रकट करना उत्तम समझते हैं।

मिट्टी के कणों का व्यास अथवा त्रिज्या के रूप में वर्गीकरण किया गया है। इस वर्गीकरण के आधार पर मिट्टी के भिन्न-भिन्न रूप निर्धारित हुए हैं, जैसे मोटी बालू, बालू, सिल्ट, केवाल। इनके प्रतिशत निर्धारण के ऊपर मिट्टी के भौतिक गुणों का वर्णन किया गया है। एक अन्य विधि भी है, जिसे संयोजित प्रतिशत रेखा-चित्र (Summation curve) के रूप में प्रकट किया गया है।

इसका अर्थ है कि सभी प्रकार के मिट्टी के कणों, जैसे बालू, सिल्ट, केवाल का जोड़ यदि १०० हुआ, तब सबसे कम कण को १०० मानकर अन्य कणों को प्रतिशत उस पर निर्धारित करना।

सारणी संख्या १२

मिट्टी के कणों के व्यास का वर्गीकरण

क्रम-सं०	नामांकित कण	व्यास मिलीमीटर	छेदा-व्यास, L. V. I. Diameter ऊपरी सीमा	L. V. Inthm छेदा-पतन, Settlens	वेग Velo-city
१.	बारीक पत्थर के टुकड़े Fine Gravel	२–१	०.३०१	२.५४१	
२.	मोटे पत्थर के टुकड़े Course Sand	१–०.५	०.०००	१.९३९	
३.	मोटी बालू International Coursce Sand	२–०.२	०.३०१	२.५४१	
४.	मध्यम बालू Medium Sand	०.५–०.२५	–०.३०१	१.३३७	
५.	महीन बालू Fine Sand	०.२५–०.१	–०.६०२	०.७३५	
६.	अति सूक्ष्म बालू International Fine Sand	०.२–०.०२	–०.६९९	९.५४१	
७.	सूक्ष्मतर बालू Very Fine Sand	०.१–०.०५	–१.०००	–०.०६१	
८.	सिल्ट Silt Prior to 1938	०.०५–०.००५	–१.३०१	–०.६६३	
९.	सिल्ट Silt	०.०५–०.००२	–१.३०१	–०.६६३	
१०.	सिल्ट International Silt.	०.०२–०.००२	–१.६९९	–१.४५९	
११.	केवाल Clay Prior to 1938	∠०.००५	–२.३०१	–२.६६३	
१२.	केवाल International Clay	∠०.००२	–२.६९९	–३.४५९	

सारणी संख्या १३

मिट्टी का भौतिक कण माप

भौतिक कण माप द्वारा निर्धारित	ऊपरी सीमा मिलीमीटर	क ०–५ इन्च		ख ५–३६ इन्च		ग ३६–९६ इन्च	
		प्रतिशत	संयोजन प्रतिशत	प्रतिशत	संयोजन प्रतिशत	प्रतिशत	संयोजन प्रतिशत
बारीक कंकड़ २.१ मिलीमीटर	२.	४.८	१००.५	२.८	१००.०	१.८	१००.३
मोटी बालू १–०.५ मि० मी०	१.	१२.४	९५.७	४.६	९७.२	१२.७	९८.५
मध्यम वर्गीय बालू ०.५–०.२५ मि० मी०	०.५	७.८	८३.३	२.८	९२.६	११.७	८५.८
सूक्ष्म बालू ०.२५–०.१ मि० मी०	०.२५	२७.२	७५.५	११.७	८९.८	३७.७	७४.१
अत्यन्त सूक्ष्म बालू ०.१–०.०५ मि० मी०	०.१	९.८	४८.३	५.५	७८.१	८.०	३६.४
सिल्ट ०.०५–०.००५ मि० मी०	०.०५	२२.९	३८.५	२१.४	७२.६	१४.२	२८.४
केवाल ∠०.००५ मि० मी०	०.००५	१५.६	१५.६	५१.२	५१.२	१४.२	१४.२

उदाहरणस्वरूप सारणी संख्या १३ में आप एक मिट्टी के भौतिक कण माप का उल्लेख और उसका संयोजन प्रतिशत पायेंगे।

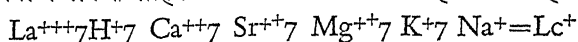
(घ) मिट्टी में स्थित कलिल (Colloids) का भौतिक और रासायनिक गुण

ऊपर के प्रकरण में यह बताने की चेष्टा की गयी है कि जब छोटे-छोटे कण कई टुकड़ों में विभाजित किये जाते हैं, तब उनका आयतन तो घट जाता है, किन्तु उनके तल में वृद्धि हो जाती है। मिट्टी में बहुत भिन्न-भिन्न आयतन के कण उपस्थित हैं, किन्तु इनमें जो चिकनी मिट्टी के कण हैं, जिन्हें क्ले (Clay) कहते हैं, वे बहुत ही महत्त्व-पूर्ण पदार्थ हैं। उनका भौतिक और रासायनिक गुण सविस्तर बतलाया जायगा।

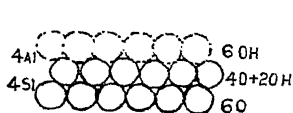
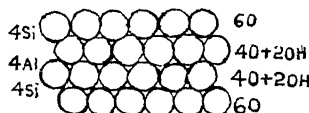
ये छोटे-छोटे कण कलिलीय अवस्था (Colloidal stage) को प्राप्त हैं। किसी भी पदार्थ का तत्त्व और यौगिक (Elements and compounds) कलिलीय अवस्था को प्राप्त हो सकता है। द्रव्यों की यह अवस्था आणविक (Molecular) और केलासीय अवस्था के मध्य का आयाम प्राप्त होने से उत्पन्न होती है। इस अवस्था में जब द्रव्य प्राप्त होते हैं, तो कुछ विशेषता आ जाती है। द्रव्यों को इस अवस्था में पहुँचने के लिए तरल माध्यम की आवश्यकता है। इस माध्यम के अणुओं से जब द्रव्य टकराते हैं तब द्रव्यों के कलिल-कणों में एक प्रकार की शक्ति तथा विचित्र गति उत्पन्न होती है, जिसका नाम "ब्राइनियन गति (Brownian motion) है। इन कलिल-कणों की सत्तह पर वैद्युतिक आवेश (Electric charge) उत्पन्न होता है, कुछ पर ऋण आवेश और कुछ पर धन आवेश होता है। इन दोनों आवेशों का होना माध्यम और द्रव्य की प्रकृति पर निर्भर है।

इस प्रकार के कलिल-कण मिट्टी में भी पाये जाते हैं। ये कणों की सामूहिक रचना में सहायक होते हैं। जब मिट्टी पर वर्षा तथा सिंचाई द्वारा पानी अधिक पड़ता है तो ये कलिल-कण आयत्तन में बढ़ जाते हैं तथा पानी का शोषण करते हैं। जब सूर्य की किरणों से अथवा अन्य कारणों से मिट्टी में ताप की वृद्धि होती है, तब ये कण सिकुड़ जाते हैं और इनका आयतन घट जाता है। इसी कारण से मिट्टी में लम्बी-लम्बी दरारें (Cracks) हो जाती हैं। इस क्रिया को बहुतों ने कृषकों की खेती में देखा होगा। मिट्टी में कलिल पदार्थ दो प्रकार के हैं। पहले अकार्बनिक और दूसरे कार्ब-निक। प्राकृतिक अवस्था में ये दोनों एक-दूसरे से मिलकर एक जटिल कलिल-कण बनाते हैं। अकार्बनिक कलिल विद्यत शक्ति द्वारा धन-आयन (Cation) को शोषित करते हैं। ये धन-आयन पोटाशियम, सोडियम, कैलसियम

और मैगनीशियम हैं। कैलसियम और मैगनीशियम के योग से कलिल अवक्षेपित (Precipate) हो जाते हैं तथा विलोष्टित (Deflocculate) हो जाते हैं। अवक्षेपण क्रिया की शक्ति विभिन्न धन-आयनों पर निर्भर है । नीचे लिखे हुए धन-आयनों में बायें से दाहिने की ओर उनकी शक्ति कम होती जाती है।

$La^{+++}7H^{+}7\ Ca^{++}7\ Sr^{++}7\ Mg^{++}7\ K^{+}7\ Na^{+}=Lc^{+}$

एक संयोजक (monovatent) धन-आयन में दो संयोजक (Divatent)-धन-आयन की अपेक्षा अवक्षेपण क्रिया कम है। मिट्टी में स्थित कलिल की विश्लेषण क्रिया द्वारा यह पता चलता है कि इनमें एल्यूमिनियम, सिलिका (Silica), लोह, ऑक्सिजन और हाइड्रोजन रहता है। पहले के वैज्ञानिकों का यह विश्वास था कि कलिल में द्रव्य ऑक्साइड के रूप में है, किन्तु ज्यों-ज्यों भौतिकशास्त्र की उन्नति होती गयी भौतिक विश्लेषण क्रियाओं द्वारा मिट्टी के कलिल की जाँच से यह पता चला कि ये कण एक यौगिक पदार्थ के रूप में रवाकार हैं और इनमें एल्यूमिनियम और सिलिका का योग ऑक्सिजन और हाइड्रोक्सिल आयन के द्वारा हुआ है। भौतिक विश्लेषण क्रिया द्वारा यह भी पता चला है कि हर एक रवा में एल्यूमिनियम और सिलिका एक-दूसरे के ऊपर परत के रूप में स्थित रहते हैं और इनके बीच में ऑक्सिजन दो परतों को मिलाने का काम करती है। ये कलिल दो प्रकार के होते हैं। एक तो वे जिनमें एल्यूमिनियम की परत के ऊपर सिलिका की परत है और उसके ऊपर फिर एल्यूमिनियम की और फिर सिलिका की एक-एक परत क्रम से है। इस प्रकार के कणों को हम केओलिनाइट (Kaolenite) कहते हैं। दूसरे प्रकार के कण वे हैं जिनमें क्रम से दो परत सिलिका की, फिर उसके ऊपर एक परत एल्युमिनियम की और फिर दो परत सिलिका की रहती हैं। इस प्रकार के कण को मौन्ट मोरिलोनाइट (Mont-mori-llonite) कहते हैं। केओलीनाइट में सिलिका और एल्यूमिनियम का अनुपात एक है और मौन्ट-मोरिलोनाइट में यह अनुपात दो है। दोनों ही प्रकार के कोलाएडों (कलिल) का भौतिक और रासायनिक गुण भिन्न-भिन्न है, और जिन मिट्टियों में वे पाये जाते हैं, उनका भी सिलिका : एल्यूमिनियम+लोह (Silica : Alluminium+Iron) का अनुपात कम ही होगा, किन्तु जलवायु की दूसरी अवस्था में, जहाँ वर्षा अत्यन्त अधिक नहीं है और तापमान भी कम है, यह अनुपात अधिक होगा। चित्र संख्या १८ में मिट्टी के कलिल की बनावट दिखलाने की चेष्टा की गयी है।

ये कलिल के कण अपने भौतिक गुणों द्वारा कृषि के लिए बड़े ही उपयोगी हैं। पौधों को मिट्टी से खाद्य पदार्थ और पानी लेने की आवश्यकता होती है। मिट्टी के

कलिल में दोनों गुण हैं। यह खाद्यपदार्थ का शोषण भी करता है और जल भी पूर्णतः ग्रहण करता है। यही नहीं, जब पौधे मिट्टी में अपनी जड़ फैलाते हैं तब यह (कोलाएड) जड़ों में भी जल और खाद्यपदार्थ पहुँचाता है। यह वैज्ञानिक अनुसंधान से प्रकट

चित्र १८—मिट्टी में स्थित श्लेषाभीय पदार्थ

है कि पौधे मिट्टी से केवल अकार्बनिक पदार्थ, आयन (Ions) के रूप में तथा साधारण यौगिक आयन के रूप में प्राप्त करते हैं।

जैसे—Na^+, K^+, Ca^{++}, Hg^{++}, No^-_3, Po^-_4, cl^- इत्यादि।

ये आयन कलिल के कणों द्वारा शोषित होकर जड़ों के साथ विनिमय क्रिया से पौधों में पहुँचते हैं। इस शोषण-क्रिया के विषय में ऊपर उल्लेख हो चुका है। जल की शोषण-क्रिया में मिट्टी के अन्दर ताप उत्पन्न होता है। जल से इन कणों के आयतन की वृद्धि होती है, जिसका वर्णन ऊपर किया गया है।

केओलीनाइट नामक कलिल के कण की उपस्थिति से मिट्टी की उर्वरा शक्ति कम हो जाती है, क्योंकि इस कलिल में जलशोषण-शक्ति कम रहती है, तथा धन-आयन (Cation) के विनिमय (Exchange) की शक्ति भी कम ही रहती है। किन्तु मौन्ट-मोरिलोनाइट (Mont-morillonite) नामक कलिल के कण मिट्टी की उर्वरा शक्ति को बढ़ा देते हैं। इनमें जल-शोषण क्रिया अधिक होती है। फलस्वरूप इनकी सतह पर धन-आयन का विनिमय अधिक होता है। भौतिकशास्त्र में विलयन का एक गुण है जिसे श्यानता या आलगत्व (Viscosity) कहते हैं। यह गुण कलिल के विलयन में भी होता है। श्यानता के माप से हमें यह पता चलता है कि अणुओं के परस्पर टकराने से जो संघर्ष उत्पन्न होता है और कलिल के कणों के परस्पर टकराने से जो संघर्ष उत्पन्न होता है, उसकी मात्रा कहाँ तक है। मिट्टी के कलिल में जो श्यानता है, उसकी मात्रा बहुत अधिक है। इसकी श्यानता अधिकतर इसकी सतह पर

धन-आयन शोषण-क्रिया (Cation adsorption) पर निर्भर है। मिट्टी में, जैसा कि ऊपर कहा गया है, दोनों प्रकार के कलिल के कण वर्तमान हैं—एक कार्बनिक, दूसरा अकार्बनिक। कार्बनिक कलिल-कण कम होते हैं, किन्तु मिट्टी की उर्वरा शक्ति को बढ़ाने में इनका उच्च स्थान है। इन पर द्रव्यों का विनियम तथा जलशोषण शक्ति अकार्बनिक कलिल-कणों की अपेक्षा कहीं अधिक होती है। यही कारण है कि ये उर्वरा शक्ति को बढ़ा देते हैं।

(च) मिट्टी विन्यास (कण आकार) और मिट्टी रचना

पिछले परिच्छेद में इन विषयों पर विचार किया जा चुका है। अब हम यहाँ यह बतलायेंगे कि इन दोनों में क्या संबन्ध है। मिट्टी-कण-आकार (विन्यास) से हमारा तात्पर्य है, मिट्टी के भिन्न-भिन्न कणों का माप तथा मिट्टी की रचना से तात्पर्य है, कणों का परस्पर मिलकर अवचूर्ण रचना तथा अन्य रचनाओं का विकास। दोनों क्रियाएँ भिन्न-भिन्न हैं और दोनों की उत्पत्ति भी भिन्न है, जैसा कि पिछले प्रकरण में कहा गया है। मिट्टी-कण-आकार (विन्यास) अथवा मिट्टी में भिन्न आकार और प्रकार के कणों का होना ऋतुक्षरण क्रिया पर निर्भर है।

हवा और पानी द्वारा चट्टानों से जो छोटे-छोटे कण उत्पन्न होते हैं, उन्हीं का मिट्टी में समावेश होता है। चट्टानों से ये कण भिन्न-भिन्न भौतिक और रासायनिक क्रियाओं द्वारा बनते हैं और परस्पर मिलकर अपने पुराने गुण खो देते हैं तथा नये गुण (Profoerties) ग्रहण करते हैं। इनमें जो सबसे छोटे कण हैं तथा जो कलिल अवस्था को प्राप्त हो गये हैं, वे ही कार्बनिक कलिक कणों के साथ मिलकर मिट्टी में भिन्न प्रकार की रचना करते हैं।

(छ) मिट्टी के भौतिक गुणों का भू-कर्षण (जोत, Tillage) पर प्रभाव

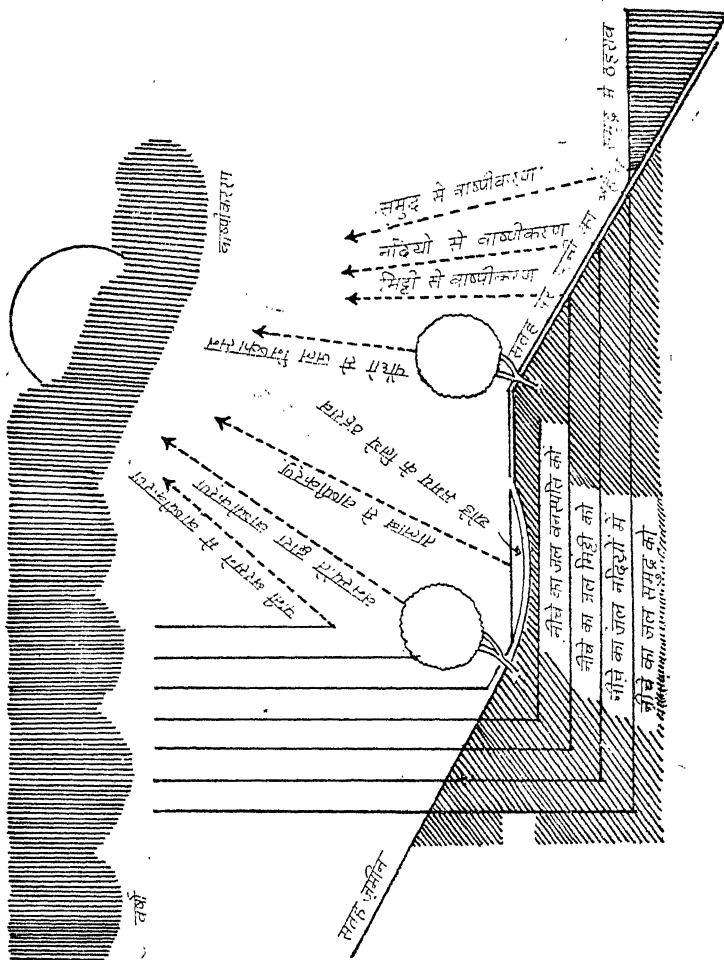
भूकर्षण (जोत) से हमारा तात्पर्य है मिट्टी के ऊपर होनेवाला कार्य, जिससे मिट्टी पौधों के उपजाने के लिए साधारणतः उपयुक्त बन जाय। खेतिहरों की यह बहुत पुरानी कला थी। खेती करने के यन्त्र और मशीन किस प्रकार बनाये गये और कैसे उनका उद्भाव (Invention) हुआ यह ज्ञान प्राप्त करना क्या है, मानो कृषि को कला का रूप देना है। भूकर्षण (जोत) की क्रिया, जिससे खेत और उसकी मिट्टी इस स्थिति में पहुँच जाय कि उसमें बीज डालने पर उसके अंकुरित होने में तनिक भी कठिनाई न हो सके, एक बहुत ही कठिन क्रिया है। कृषक यदि इस क्रिया में पारंगत

क्रियाओं के ऊपर निर्भर है। इसमें कोई सन्देह नहीं कि जुताई से कणों की संरचना में क्षति पहुँचती है, फिर भी हल द्वारा जुताई करने के बाद तथा बीज रोपण के पहले और बाद में यदि विभिन्न क्रियाओं पर ध्यान दिया जाय और उन्हें सुचारु रूप से किया जाय तब हम मिट्टी के कणों की संरचना पुनः प्राप्त कर सकते हैं।

मिट्टी के कण-आकार अर्थात् विभिन्न आकार के कणों के परस्पर अनुपात से जुताई का घनिष्ठ सम्बन्ध है। यह तो सभी को ज्ञात है कि चिकनी मिट्टी (Clayey Soil) जिसे हम भारी मिट्टी कहते हैं, जुताई के लिए एक कठिन समस्या उपस्थित करती है। अधिक शुष्क हो जाने पर इस प्रकार की मिट्टी में बड़े मजबूत ढेले बन जाते हैं और वे हल के रास्ते में बाधा डालते हैं। उनके कारण हल चल नहीं सकता। कुछ प्रकार की मिट्टियों में चिकनी मिट्टी के कण लगभग ३० प्रतिशत होते हैं और इन कणों का व्यास ०.००२ मि० मी० से कम होता है। ऐसी मिट्टियों में यह कठिनाई अधिक होती है, कारण, मिट्टी के ढेले पत्थर के समान कड़े हो जाते हैं। इस कठिनाई को दूर करने के लिए एक ही उपाय है। जुताई ऐसे समय पर की जाय जब पानी की मात्रा मिट्टी में इतनी हो कि ये ढेले सहज ही में, थोड़ी-सी शक्ति लगाने पर टूट जायँ। यही कारण है कि ऐसी मिट्टी की जुताई के पहले हम एक हलकी-सी सिंचाई कर देते हैं। जिन मिट्टियों में कलिल-कण (०.००२ मि० मी० व्यास से कम) लगभग १० प्रतिशत हैं, उनमें जुताई की कठिनाई नहीं होती। कारण यह है कि इनमें, शुष्क अवस्था में उस प्रकार के ढेले नहीं बनते। बलुई मिट्टी में तो हल सरलता से चल सकता है, किन्तु ऐसी मिट्टियों में पानी का ठहराव कठिनाई से होता है।

(ज)–मिट्टी अपक्षरण

(१) मिट्टी के भौतिक गुणों का मिट्टी-अपक्षरण (Erosion) **पर प्रभाव**—आकाश से जल वर्षा के रूप में पृथ्वी पर गिरता है और विभिन्न स्थानों में पहुँचता है। कुछ तो मिट्टी के नीचे छन कर पहुँच जाता है। कुछ पौधों द्वारा शोषित होकर जल-निष्कासन की क्रिया द्वारा फिर आकाश में वाष्प बनकर चला जाता है। मिट्टी के नीचे जो जल समा जाता है, वह पौधों को प्राप्त होने के बाद समुद्र तथा नदियों में पहुँच जाता है और कुछ मिट्टी के नीचे पानी के रूप में बहता रहता है। इस प्रकार हम हिसाब लगा सकते हैं कि जल का वितरण कहाँ-कहाँ और किस अवस्था में हुआ करता है। चित्र १९ में यह विस्तार से दिखलाया गया है।

वर्षा का जल जब पृथ्वी पर गिरता है तब यदि भूमि ढालवाँ रहती है तो पानी का बहाव नीचे की सतह की ओर बड़े जोरों से होने लगता है। ऐसी अवस्था में मिट्टी के

चित्र १९—वर्षा के जल का वितरण

छोटे-छोटे कण खाद्य पदार्थ को लेकर नीचे की ओर बह जाते हैं और अन्त में नदी-नालों के पानी से मिलकर पौधों के लिए अप्राप्य हो जाते हैं। इस क्रिया को हम अपक्षरण (Erosion) कहते हैं। पानी में जो कणों के बहाव की शक्ति है, वह दो बातों पर निर्भर है। पहला पानी का प्रवेग, दूसरा मिट्टी के भौतिक और रासायनिक गुणों द्वारा अवरोध (Resistance)। यदि पानी के बहाव का आवेग कम होगा तब अपक्षरण

भी कम होगा। यदि वर्ष में वर्षा अधिक किन्तु थोड़ी-थोड़ी करके हो तब भी अपक्षरण कम होगा, किन्तु यदि थोड़े समय में वर्षा का प्रवेग बहुत अधिक हो तब अपक्षरण अधिक होगा। मिट्टी के ऊपर कुछ ऐसे पौधे हों जिनकी पत्तियाँ बहुत घनी रहें, तब भी मिट्टी अपक्षरण से बच सकती है। यदि किसी प्रकार का बचाव मिट्टी पर न हो तब पानी के थोड़े से प्रवेग से भी मिट्टी के कणों का अपक्षरण हो सकता है। मिट्टी का बहाव, मिट्टी के कणों के वितरण (Dispersion) पर निर्भर है। वर्षा की मात्रा, भूमि की ढाल तथा मिट्टी द्वारा जल-शोषण शक्ति से भी इसका सम्बन्ध है। इन सम्बन्धों को नीचे लिखे हुए समीकरण द्वारा हम आसानी से समझ सकते हैं।

क्ष=√(व, ढ, व, म)
क्ष, का अर्थ है अपक्षरण (Erosion)
व, का अर्थ है वर्षा (Rainfall)
ढ, का अर्थ है ढाल (Slope of the earth)
व, का अर्थ है वनस्पति (Vegitation)
म, का अर्थ है मिट्टी (Soil)

समीकरण में बराबर चिह्न के बाद जो एक टेढ़ी रेखा दी गयी है उसका अर्थ यह है कि उस रेखा के बाद जितने अपक्षरण से सम्बन्ध रखनेवाले कारण हैं, उनका एक साथ समीकरण में समावेश कर दिया गया है और उनमें से प्रत्येक का पृथक्-पृथक् अपक्षरण पर प्रभाव पड़ता है और सब कारणों के नहीं रहने पर भी एक कारण का वर्तमान रहना अपक्षरण के लिए यथेष्ट है। जहाँ तक वर्षा का प्रश्न है, यह तो ज्ञात ही है कि वर्षा की तीव्रता तथा समयानुकूल वितरण (Distribution in time) इन दोनों ही का प्रभाव अपक्षरण पर पड़ता है और दोनों ही का सम्बन्ध मिट्टी के बहाव से है। वैज्ञानिकों ने अनुसंधान द्वारा यह पता लगाया है कि २.६ इंच वर्षा, जो बहुत धीरे-धीरे होती रही, अधिक अपक्षरण नहीं कर सकी तथा ०.९ इंच वर्षा भी, जो बहुत तीव्र गति से हो रही थी, अधिक अपक्षरण नहीं कर सकी। अधिक तीव्र गति और अधिक देर तक बरसनेवाली वर्षा अपक्षरण में काफी सहायता पहुँचा सकी और इक्यावन मन मिट्टी प्रति एकड़ बहा ले गयी। इस प्रकार के बहुत से अनुसंधान हो चुके हैं। वर्षा द्वारा अपक्षरण होने में पौधों के पत्ते अवरोध का कारण बनते हैं।

(२) **अपक्षरण, ढाल और जलवेग**—भूमि की ढाल से अपक्षरण का घनिष्ठ सम्बन्ध है। समतल भूमि पर अपक्षरण नहीं होता। अपक्षरण से ढाल की मात्रा तथा दूरी का सम्बन्ध है। ढाल जितनी अधिक होगी उतना ही अधिक अपक्षरण

भी होगा। पौधों का अपक्षरण से बड़ा सम्बन्ध है। पौधों के पत्ते वर्षा को अपने ऊपर रोकते हैं, जिसके कारण नीचे की भूमि पर की मिट्टियाँ सुरक्षित रह जाती हैं। भारतवर्ष, अफ्रीका तथा अमेरिका में इस विषय पर महत्त्वपूर्ण अनुसन्धान हो चुका है, जिसका सारांश नीचे दी गयी सारणी संख्या १४ में मिलेगा। इस सारणी से आप भिन्न-भिन्न प्रकार के पौधे एवं घासों पर अपक्षरण का प्रभाव जान सकेंगे। लेखक ने ये आँकड़े शोलापुर (बम्बई) की अपक्षरण क्रिया संबंधी अनुसंधानशाला से श्री जे० के० वसु के सौजन्य द्वारा प्राप्त किये थे।

सारणी संख्या १४

पौधों का अपक्षरण निरोध पर प्रभाव।

संख्या	देश	पौधों का विवरण	औसत बहाव, सम्पूर्ण वर्षा का प्रतिशत	टन में, मिट्टी का बह जाना
१	अफ्रीका	मक्का प्रतिवर्ष, गोबर की खाद १० टन और रासायनिक खाद	१२.५	११.८७
२	,,	मक्का प्रतिवर्ष, गोबर की खाद रहित, रासायनिक खाद के साथ	२३.४	१५.१७
३	,,	घास तथा अन्य जंगली पौधे	५.३	१.८७
४	,,	जुता हुआ खेत	४०.६	३६.४९
५	,,	बिना जुता हुआ तथा पौधा रहित खेत, अर्थात् परती भूमि	२५.८	१७.४४
६	अमेरिका	पौधा रहित, चार इंच गहरी जुताई	३०.७	४१.६४
७	,,	मक्का प्रतिवर्ष	२९.४	१९.७२

संख्या	देश	पौधों का विवरण	औसत बहाव, सम्पूर्ण वर्षा का प्रतिशत	वर्षा में मिट्टी का बह जाना
८	अमेरिका	गेहूँ प्रति वर्ष	२३.३	१०:१०
९	"	मक्का, गेहूँ और क्लोवर (Clover) क्रम से	१३.८	२.७८
१०	"	घास	१२.०	०.३४
११	भारतवर्ष (बम्बई)	प्राकृतिक घास आदि	५.५	०.५०
१२	"	ज्वार	२८.०	२४.८०
१३	"	परती भूमि	४२.०	८.४६
१४	"	मूँगफली	२७.००	१.६२

उक्त सारणी से यह पता चलता है कि मिट्टी के अपक्षरण (कटाव) से कृषि को जो हानि पहुँचती है वह अकथनीय है। किसी भी देश में कृषि की वृद्धि के प्रयत्न में, भूमि पर इस प्रकार प्रकृति द्वारा किया गया अत्याचार सहन नहीं किया जा सकता। उपाय तो बहुत हो रहे हैं, और कहीं-कहीं हम सफल भी हुए हैं।

(३) **अपक्षरण द्वारा मिट्टी की बनावट**—अपक्षरण की क्रिया द्वारा विभिन्न प्रकार की मिट्टियाँ भी बनती हैं, जिनका वर्णन हम नीचे कर रहे हैं।

(क) **तराई की मिट्टी**—यह मिट्टी पहाड़ों पर से बहकर आती है और नीचे पहाड़ की तराई में जमा हो जाती है। यद्यपि यह क्रिया जल के बहाव द्वारा सम्पन्न होती है, फिर भी इसकी तीव्रता ढाल पर निर्भर है। इस प्रकार की मिट्टी में चट्टानों के बहुत बड़े टुकड़े पाये जाते हैं। कभी-कभी तो बहुत बड़े पत्थर के टुकड़े भी, जिनका

पार्श्व बहुत नुकीला होता है, तथा ऐसे टुकड़े जिन पर ऋतुक्षरण क्रिया नहीं हो पायी है, पाये जाते हैं।

(ख) **कछार मिट्टी**—यह मिट्टी पानी के बहाव से बहुत दूर समतल भूमि पर जमा हो जाती है। इसमें ऋतुक्षरण क्रिया भी हो जाती है। इसकी कण-मात्रा बहुत कम रहती है। अधिकतर नदी के पानी द्वारा ऐसी मिट्टियाँ किनारे पर सिल्ट तथा चिकनी मिट्टी (Clay) के रूप में प्रकट होती हैं। इनके कणों की परिधि जल के बहाव पर निर्भर है। यदि बहाव बहुत तेज है तब कण-परिधि बहुत बड़ी होगी। जल के बहाव का सम्बन्ध मिट्टी की कण-परिधि से है यह नीचे सारणी संख्या १५ में दिया जाता है।

सारणी सँख्या १५

जल के बहाव का मिट्टी के कण से सम्बन्ध

पानी का बहाव इंच में, प्रति सेकेन्ड	मिट्टी का रूप, जो बहता है	कणों का व्यास
४.	केवाल (Clay).	०.०२ मिलीमीटर,
१०.	बालू	०.०२ मि. मी. से. ०.२ मि. मी० तक
३०.	बड़े आकार का टुकड़ा	२ मि० मी०
७२.	पत्थर के टुकड़े	आधा सेर वजन का
(४ मील प्रति घन्टा)		

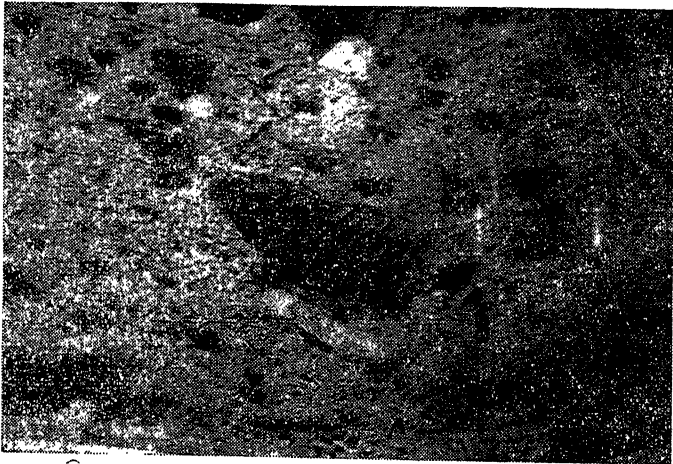
इससे पता चलता है कि जहाँ पर पहाड़ है और ढाल बहुत ही ज्यादा है, वहाँ पर पहाड़ के नीचे, जल के बहाव से बहुत बड़े टुकड़े जमा हो जाते हैं। उसके नीचे जहाँ ढाल कम है, मोटे बालू के टुकड़े और सिल्ट जमा हो जाते हैं। छोटे टुकड़े, जैसे चिकनी मिट्टी (Clay) के, पानी में बहुत दिनों तक रह सकते हैं। यदि पानी में कैलसियम और मैगनीशीयम अधिक मात्रा में है, तब ये चिकनी मिट्टी के टुकड़े आपस में मिलकर लोष्टन (Flocculation) क्रिया द्वारा जमा हो जाते हैं। यदि पानी में सोडियम की मात्रा अधिक है, तब ये चिकनी मिट्टी के अंश आपस में मिलकर जमा न हो पायेंगें और पानी में बहुत दिन तक तैरते रहेंगे। जब नदी की बाढ़ बहुत तेज हो

जाती है तब छोटे टुकड़े अर्थात् सिल्ट और चिकनी मिट्टी ऊपर की सतह से जल द्वारा बहकर नीचे की भूमि पर जमा हो जाती हैं। ऐसी मिट्टी को हम कछार मिट्टी (Alluvial-Soil) कहते हैं।

इस प्रकार के अपक्षरण की मात्रा का पता हमें दक्षिण अफ्रीका के "अनावृष्टि तथा सूखा कमीशन की रिपोर्ट" द्वारा चलता है। अपक्षरण के निमित्त नीचे लिखी हुई बातें इस कमीशन की रिपोर्ट से ली गयी हैं।

"यूनियन की नौ बड़ी-बड़ी नदियों द्वारा १८,७०,००००० टन मिट्टी दूर-दूर से बहाकर लायी जाती है।" मिट्टी का उक्त भार उतना ही है जितना एक वर्गमील में एक फुट गहरी मिट्टी का वजन हो सकता है।

(ग) वायुक्षय कृत (वातज कटाव) मिट्टी—हवा के झोंके से भी मिट्टी एक स्थान से दूसरे स्थान पर पहुँचकर भूमि की रूप-रेखा में अदल-बदल उत्पन्न कर देती है। बालूमय राशि जो मिट्टी में पायी जाती है, इसका उदाहरण है। बिहार में सोन नदी की तटवर्ती भूमि पर यह क्रिया अत्यन्त तीव्र रूप में देखने को मिलती है। अन्य रेतीली भूमि पर जहाँ नदी का बहाव अधिक प्रवेग से होता है और बालू जमा हो जाती है, वायु के झोंके से बालू एक स्थान से बहकर दूसरे स्थान पर ढेर के ढेर लग जाती है।

(४) **अपक्षरण की क्रिया**— इस क्रिया के दो विधान हैं —

चित्र २०—**स्तर अपक्षरण**

(१) वर्षा की बूँदों द्वारा मिट्टी के कणों का फैल जाना। जब वर्षा की बूँद पृथ्वी पर पड़ती है, तब छोटे-छोटे कण छिन्न-भिन्न हो जाते हैं। मिट्टी में स्थित कण-समूह पृथक्-पृथक् हो जाते हैं और दूर-दूर तक बहकर चले जाते हैं।

(२) कणों के छिन्न-भिन्न होने के पश्चात् वर्षा की जलधारा द्वारा ये छोटे-छोटे कण बहाकर दूर फेंक दिये जाते हैं। इस क्रिया को हम अपक्षरण क्रिया कहते हैं। यह क्रिया दो प्रकार की होती है।

(क) स्तर अपक्षरण (Sheet erosion)—यह अपक्षरण क्रिया जब मिट्टी के संपूर्ण स्तर पर एक समान पड़ती है और जब संपूर्ण ऊपर का स्तर समान रूप से अपक्षरित होकर बह जाता है, तब उस क्रिया को हम स्तर अपक्षरण कहते हैं। स्पष्ट रूप से इस क्रिया का प्रभाव हम चित्र २० में देख सकते हैं।

उक्त के चित्र में यह पूर्णतया देखने को मिलता है कि किस प्रकार भीषण वर्षा की जल-धारा द्वारा चट्टानों और मिट्टियों के ऊपरी स्तर कटकर बह गये हैं। यह

सारणी संख्या १६

मिट्टी पर की गयी क्रियाएँ	प्रतिशत वर्षा पर मिट्टी का बहाव	प्रति एकड़ भूमि से मिट्टी अपक्षरण टन में	सापेक्षिक अपक्षरण जब नीली घास को १ माना गया	७″ मिट्टी कितने वर्ष में बह जायगी
कोई पौधा नहीं बोया गया। चार बार जुताई।	३०.७	४१.६४	१२२	२४
मक्का, क्रम-प्रतिक्रम से बोया गया।	२९.४	१९.७२	५८	५०
गेहूँ, क्रम-प्रतिक्रम से बोया गया।	२३.३	१०.१०	३०	१००
मक्का, गेहूँ, और रामपर्ण (Clover) का सस्यवर्त्तन (Rotation)	१३.८	२.७८	८	३६८
नीले रंग की घास	१२.०	०.३४	१	३०४३

:o:(अमेरिका की अनुसन्धान-विवरणिका (Bulletin) नं० १७७,१३२)

अपक्षरण, जहाँ ढाल समतल होती है, वहाँ हुआ करता है। ढाल पर से जब घास और पौधों को काट डाला जाता है, तब उस पर की नम्र मिट्टी पानी की चोट से ढीली होकर बह जाती है। जहाँ ढाल समतल रहती है वहाँ की मिट्टी इतना धीरे-धीरे बह जाती है कि प्रत्यक्ष रूप से इसका पता चलाना अति कठिन कार्य है। इसका पता हमें तब चलता है जब उस जमीन की उपज कम हो जाती है। इस तरह हमारी मिट्टी के ऊपर की सतह नष्ट हो जाती है और मिट्टी की उर्वरा शक्ति कम हो जाती है। इस प्रकार के अपक्षरण से मिट्टी को जो हानि पहुँची है वह सारणी सं० १६ से प्रकट है।

उक्त सारणी से यह स्पष्ट है कि अपक्षरण की क्रिया उस भूमि में अत्यन्त अधिक है जिसमें कोई फसल नहीं बोयी गयी अथवा जिस खेत में मक्का बोया गया। जिस भूमि में कोई फसल नहीं बोयी गयी, उसमें मिट्टी के ७" इंच ऊपर का स्तर २४ वर्ष में बहकर निकल जायगा तथा जिस भूमि में मक्का की खेती हुई है उसमें ५० वर्ष का समय इस क्रिया के समाप्त होने में लग जायगा। गेहूँ वाले खेत में मिट्टी की हानि, मक्का वाले खेत से कम है। फसलों का सस्यवर्त्त (Rotation) मिट्टी को हानि होने से

सारणी संख्या १७

क्रियाएँ	प्रतिशत वर्षा पर मिट्टी ही हानि	प्रति वर्ष प्रति एकड़ मिट्टी की हानि	सापेक्षिक अपक्षरण, नीली, घास को एक मानकर
मक्का प्रति वर्ष	१८.७	३८.३०	१२७६
मक्का सस्यवर्तन में	१२.६	१८.४०	६१३
जौ सस्यवर्तन में	९.९	१०.१०	३३६
रामपर्ण (Clover) सस्यवर्तन में	३.४	५.४०	१८०
सस्यवर्त्तन मक्का, जौ, रामपर्ण	८.८	११.३०	३७६
अलफाल्फा	२.२	०.१०	३
नीली घास (Blue grass)	१.२	०.०३	१

बचाता है। घास वाले खेत में मिट्टी की हानि सबसे कम है। जंगलों में भी पेड़-पौधों एवं पत्तों से अपक्षरण में कमी हो जाती है; इसका प्रमाण आयोवा (Iowa U. S. A.) की अनुसंधानशाला में किये गये कार्यों से मिलता है। सारणी संख्या १७ में इस कार्यशाला के आँकड़े दिये गये हैं।

ऊपर के आँकड़े अमेरिका के कृषि-विभाग की विवरणिका नं० ९५७ (Tech. Bull. No. 599.) १९४८ से लिये गये हैं। ऊपर की दोनों सारणियों से यह ज्ञात होगा कि आयोवा (Iowa) में मिट्टी की ढाल अधिक होने से उसे अधिक हानि उठानी पड़ी।

मिट्टी के अपक्षरण से पौधों के अनेक पोषक द्रव्य नष्ट हो जाते हैं। जब पौधों का बीज मिट्टी में डाला जाता है तब अंकुरित होने के बाद उसकी छोटी-छोटी जड़ें मिट्टी की ऊपरी सतह (०–६") से पोषक द्रव्य प्राप्त करती हैं। मिट्टी की ऊपरी सतह में पोषक द्रव्य अधिक मात्रा में रहते हैं। कारण, कीटाणुओं तथा वायु और जल द्वारा अति जटिल और मिश्रित पदार्थ मिट्टी की ऊपरी सतह से ६" अथवा ९" दूरी तक सरल अवस्था को प्राप्त हो जाते हैं और पौधों की जड़ों द्वारा ये अति सुगमतापूर्वक शोषित होते हैं।

अपक्षरण द्वारा मिट्टी में स्थित ये सरल पदार्थ, जो अधिकतर नाइट्रोजन, फौस्फेट, पोटाशियम, कैलसियम, मैगनीशियम तथा सल्फेट के यौगिक तथा संयुक्त पदार्थ हैं, बड़ी सुगमता से नष्ट हो सकते हैं। इसका अनुमान वैज्ञानिकों ने विश्लेषण क्रिया द्वारा लगाया है। आगे दी हुई सारणी संख्या १८ में हम मिसूरी (U. S. A.) अपक्षरण-अनुसंधानकेन्द्र द्वारा प्राप्त आँकड़ों से इस क्रिया का आभास पाते हैं।

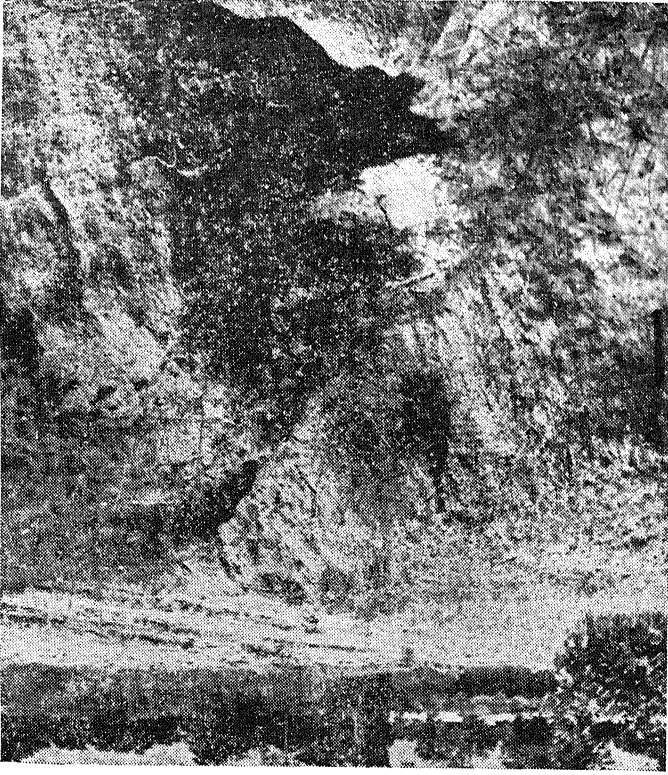
यह केवल दो वर्ष का ही अनुसंधान है। यद्यपि इन आँकड़ों पर विश्वास कम किया जा सकता है, फिर भी ये यथेष्ट रूप में सूचित करते हैं कि अपक्षरण द्वारा मिट्टी के पोषक द्रव्य कितने प्रमाण में नष्ट हो सकते हैं। लेखक ने उत्तरी बिहार की मिट्टियों की जाँच करते समय इसका प्रमाण पाया है। नदियों द्वारा जो अपक्षरण के जरिये हटाये गये सिल्ट पाये जाते हैं, उनकी जाँच से लेखक ने यह प्रमाणित करने की यथेष्ट चेष्टा की है कि बिहार की नदियाँ अत्यधिक मात्रा में पोषक द्रव्यों को एक जगह से हटाकर दूसरी जगह ले जाती हैं। इस कारण से वह मिट्टी जहाँ ये द्रव्य सिल्ट के रूप में पाये गये हैं, अधिक उर्वरा हो गयी है। यह प्रमाण हमें नदियों के निकट जहाँ बाढ़ में मिट्टी अपक्षरित हुई है तथा कुछ दूर जहाँ यह क्रिया नहीं हुई है—मिट्टी के विश्लेषण द्वारा प्राप्त होता है। लेखक ने जो आँकड़े उत्तरी बिहार की कतिपय नदियों के निकट वाली मिट्टी के विश्लेषण द्वारा पायें हैं, वे सारणी १९ में दिये गये हैं।

सारणी संख्या १८

मिट्टी अपक्षरण द्वारा पौधों के पोषक द्रव्यों की हानि

अपक्षरण द्वारा हानि	पौन्ड प्रति एकड़ प्रति वर्ष					
	नाइट्रोजन (N)	फौस्फेट P_2O_5	कैलसियम CaO	मैगनीशीयम MgO	पोटैशियम K_2O	सल्फेट SO_3
मक्का प्रति वर्ष	६६	४१	३०९	१४५	७२९	४२
सस्यवर्तन (Rotation)						
मक्का, गेहूँ, क्लोवर (clover)	२६	१८	१२०	४८	२५८	१५
औसत पौधों द्वारा शोषण मिट्टी से	७५	३०	३५	२५	६०	२५

सारणी संख्या १९

स्थान का नाम	कैलसियम C_aO प्रतिशत		फौस्फेट P_2O_5 प्रतिशत		लौह (Iron) Fe_2O_3 प्रति.		एल्यूमिनियम Al_2O_3 प्रति.	
	नदी के निकट	नदी से दूर	नदी के निकट	नदी से दूर	नदी के निकट	नदी से दूर	नदी के निकट	नदी से दूर
हरि नगर	०.५०	१.५०	०.०४००	०.०७००	१.२०	१.२३	८.२०	८.३०
नरकटिया गंज	०.२०	१.३०	०.०२५	०.०८६	३.३०	२.५०	९.३०	९.२०
पूसा	८.५०	१६.८०	०.०४०	०.०९०	१.५०	१.६०	६.५०	६.८०
हसनपुर	५.५०	५.२०	०.०६५	०.७००	१.८०	१.७०	७.००	७.१०

चित्र २१—जलदरीय अपक्षरण (पृ० १११)

ऊपर की सारणी संख्या १९ से यह पता चलता है कि बिहार की मिट्टियों में कैलसियम (CaO) और फौस्फेट (P_2 O_5) नदियों द्वारा बड़ी सुगमता से मिट्टी में अपक्षरित होते हैं।

जलदरीय अपक्षरण (Gully erosion)—इस प्रकार का अपक्षरण, मिट्टी की ढाल जहाँ अधिक होती है, वहाँ होता है। जब जल अत्यन्त वेग से प्रवाहित होता है तब मिट्टी की सतह उस वेग को सहन नहीं कर सकती। जल का वेग अपने प्रवाह के साथ-साथ मिट्टियों के बहुत बड़े ऊपर के अंश को बहा ले जाता है और मिट्टियों में दरार पैदा हो जाती है। दरार के होने से मिट्टी के नीचे की सतह दिखलाई देने लगती है। इस प्रकार के अपक्षरण से मिट्टी की उर्वरा शक्ति बहुत कम हो जाती है।

चित्र संख्या २१ में इस प्रकार के अपक्षरण की रूप-रेखा दिखलाने की चेष्टा की गयी है।

अपक्षरण से मिट्टी को बचाने के लिए भिन्न-भिन्न क्रियाएँ—

(१) संस्तर–अपक्षरण से मिट्टी को बचाने के लिए यह अत्यन्त आवश्यक है कि मिट्टी की उर्वरा शक्ति बढ़ा दी जाय, जिससे जो भी फसल मिट्टी पर बोयी जाय, उसके पत्ते बहुत बड़े-बड़े हों और वह मिट्टी को वर्षा की बूंदों से बचाये। बड़े पत्तों के होने से मिट्टी ढक जाती है और वर्षा की सब बूंदें पत्तों पर पड़ती हैं। केवल यही नहीं, पत्तों के बड़े होने से और पौधों के बढ़ाव से मिट्टी में कार्बनिक पदार्थ (organic matter) बहुत अधिक हो जाते हैं और इनके द्वारा मिट्टी के कण आपस में बँध जाते हैं, जिससे मिट्टी मजबूत हो जाती है और उसके ऊपर पानी के बहाव का प्रभाव नहीं पड़ता।

(२) संस्तर–अपक्षरण को रोकने के लिए, खेतों पर हल इस प्रकार चलाना चाहिए कि हल की धारियाँ ढाल के साथ लम्ब कोण (Right angle) बनायें। इस प्रकार की क्रिया चित्र संख्या २२-२३ से प्रकट होती है।

जुताई बराबर ढाल के आर-पार होनी चाहिए। जुताई से जो क्यारियाँ बनती हैं उनमें से एक क्यारी में मक्का इत्यादि बोयें और दूसरी में घास या अन्य पौधे, जो अपनी जड़ों द्वारा मिट्टी के बहाव को रोकते हैं, रोपे जायँ। इस क्रिया को पट्टी-सस्योत्पादन (Strip-cropping) कहते हैं। क्यारियों के बीच की चौड़ाई ऐसी होनी चाहिए, जिससे पौधों की बढ़ती में हानि न हो। दो क्यारियों के बीच की चौड़ाई ढाल और मिट्टी की अपक्षरण-शक्ति पर निर्भर है

जलदरीय अपक्षरण से मिट्टी को बचाने की क्रिया—ऊपर इसका वर्णन किया गया है कि अधिक ढाल होने के कारण मिट्टी में पानी के वेग द्वारा खाइयाँ (दरारें) बन

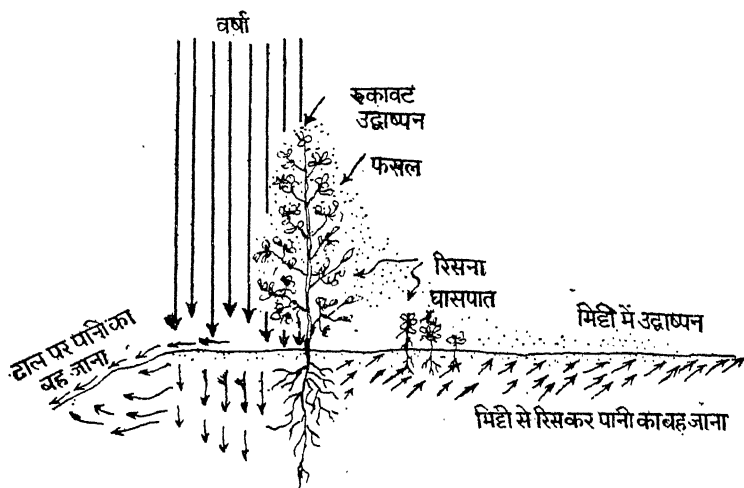
चित्र २२, २३—**ढलान के आर-पार जुताई**

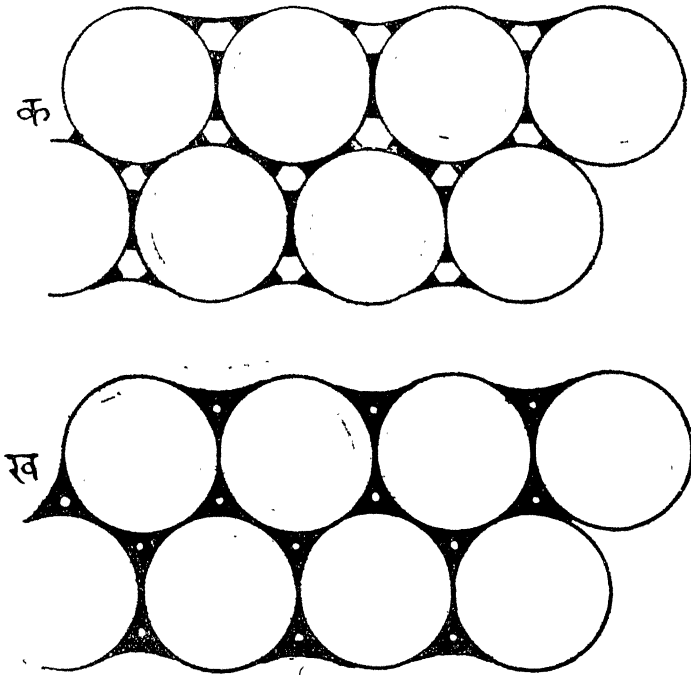
जाती हैं। इन दरारों में, यदि ये बहुत कम गहरी हैं, हल चलाकर पेड़-पौधे बोये जा सकते हैं, जिससे मिट्टी के कटाव में कमी हो। एक बार यदि पेड़-पौधे अंकुरित हो जायँ और बढ़ जायँ तथा जड़ें मिट्टी के अन्दर फैल जायँ, तब अपक्षरण कम होगा। किन्तु यदि दरारें बहुत गहरी हैं तब उनमें पेड़ों को काटकर डाल देने से मिट्टी का बहना बन्द

हो जाता है। बहुत बड़ी-बड़ी दरारों को अपक्षरण से रोकने के लिए मिट्टी भरना पड़ता है अथवा पत्थरों के टुकड़ों से दरार को भरकर ऊपर से मिट्टी डालकर उस पर घास उपजायी जाती है। इस क्रिया में खर्च बहुत पड़ता है।

वायु द्वारा मिट्टी अपक्षरण रोकने का विधान—वायु द्वारा अपक्षरण अत्यन्त हानिकारक होता है। बड़े-बड़े तूफान मिट्टी को एक स्थान से उड़ाकर दूसरे स्थान में ले जाते हैं। इससे मिट्टी के ऊपर का स्तर जो पोषक द्रव्यों से भरपूर होता है, उड़कर अलग हो जाता है। कभी-कभी तो मिट्टी पर उपजाये गये पेड़-पौधे भी नष्ट हो जाते हैं और कभी-कभी दूसरी जगह से ढेर की ढेर मिट्टी पेड़-पौधों को ढक देती है, जिससे पौधे नष्ट हो जाते हैं। इससे बचने के लिए भी उन्हीं क्रियाओं की शरण लेनी पड़ती है जो क्रियाएँ हम संस्तर-अपक्षरण से बचने के लिएं करते हैं। अर्थात् हमें मिट्टी में कार्बनिक पदार्थ (Organic matter) बढ़ाना चाहिए और मिट्टी में बारी-बारी से घास तथा बालुकामय मिट्टी में मूँगफली रोपनी चाहिए।

(झ) मिट्टी में जल, वायु और ताप

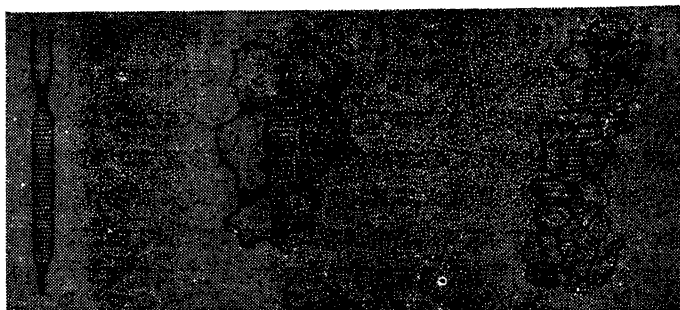
१. मिट्टी में जल—मिट्टी में जल, वर्षा द्वारा आता है। चित्र संख्या १९ में हम जल के वितरण की रूप-रेखा दिखला चुके हैं। चित्र संख्या २४ में यह दिखलाने का प्रयत्न किया गया है कि वर्षा का पानी किस प्रकार वितरित होता है।

चित्र २४—**मिट्टी में पानी का प्रसार**

जब जल मिट्टी पर पड़ता है तब वह मिट्टी द्वारा शोषित होकर मिट्टी के कणों के बीच के स्थान में फैल जाता है। इस क्रिया की रूपरेखा हम चित्र संख्या २५ में दिखलाते

चित्र २५—**पानी के क्षय के विभिन्न प्रकार**

हैं। चित्र के "**क**" अंश में यह दिखलाया गया है कि जल अधिक नहीं रहने पर कणों के बीच में पूरी तरह से जल प्राप्त नहीं होता और कुछ वायु का हिस्सा रह जाता है। "**ख**" में यह दिखलाने का प्रयत्न किया गया है कि कणान्तरिक छिद्र (Pore space) पूर्ण रूप से जल द्वारा भर गये हैं।

मिट्टी में जलकेशीय नलियाँ रहती हैं। कणान्तरिक छिद्र केशीय नलियों (capillary) जैसा बर्ताव करते हैं। केशीय नलियों में पानी का बहाव और उसका चढ़ाव नली की त्रिज्या (Radius) पर निर्भर है। यदि केशीय नली का एक हिस्सा पानी में डुबा दिया जाय, तब जल केशीय नली में ऊपर की ओर चढ़ जाता है। यह चढ़ाव नली की त्रिज्या और जल के तलतनाव (Surface tension) पर निर्भर है। यदि

हम त्रिज्या को "त" मान लें और तलतनाव को "स" मान लें तो पानी का चढ़ाव $\frac{\text{२ स}}{\text{त}}$ के बराबर होगा। यदि जल बाहर के बर्त्तन में अधिक डाल दिया जाय, तब ज्यों-ज्यों जल की ऊँचाई बरतन में बढ़ेगी, त्यों-त्यों केशीय नली में जल भी बढ़ेगा। नीचे दिये गये चित्र संख्या २६ में इसे दिखलाने का प्रयत्न किया गया है।

चित्र २६—**जल का केशीय नलियों में चढ़ाव**

चित्र २७—**मिट्टी में केशीय नलियों की रूपरेखा**

चित्र २७ की दाहिनी तरफ मिट्टी में स्थित अनियमित रूप की केशीय नलियाँ दिखलायी गयी हैं और इन नलियों में वायु तथा जल किस प्रकार रहता है यह भी दिखलाने की चेष्टा की गयी है। मिट्टी के नीचे जो पानी का बहाव है उससे जल केशीय नलियों द्वारा ऊपर उसी प्रकार उठ जाता है, जिस प्रकार चित्र में बायीं ओर जल-भरे हुए पात्र में शीशे की केशीय नली जल को ऊपर उठाती है। यदि वर्षा का जल पृथ्वी पर पड़कर मिट्टी के नीचे का जलस्रोत ऊपर को उठा देता है, तब मिट्टी की केशीय नलियों में स्थित जल की ऊँचाई भी अधिक हो जाती है। इसी तरह जब वर्षा नहीं होती और जलस्रोत नीचे की ओर चला जाता है, तब केशीय नलियों में स्थित जल भी

नीचे की ओर चला जाता है। मिट्टी में स्थित कलिल (कोलाएड) जल का शोषण करते हैं। इस कारण सम्पूर्ण जल जो पृथ्वी पर वर्षा से आता है, केशीय नलियों द्वारा पृथ्वी की गुरुत्वाकर्षण शक्ति से प्रवाहित होकर नीचे की ओर नहीं जाता। जो जल कलिल पदार्थों द्वारा शोषित किया जाता है उसको हम शोषित जल (Imbibitional Moisture) कहते हैं। अधिकतर मिट्टी में जल इसी रूप में ठहरता है।

मिट्टी में जल विभिन्न रूपों में रहता है। इसका वर्गीकरण नीचे दिया जाता है—

मिट्टी में जल का वर्गीकरण

(क) रासायनिक जल (Hygroscopic moisture)

(ख) शोषित जल (कोलाएड जल) (Imbibitional moisture)

(ग) केशाल जल (कणान्तरिक जल) (Capillary moisture)

(घ) भू-आकृष्ट जल (गुरुत्वाकर्षण जल) (Gravitational moisture)

(क) रासायनिक जल—मिट्टी जब हवा में सूख जाती है तब भी थोड़ा सा जल उसमें रह जाता है। इसको हम रासायनिक जल कहते हैं। यह दो बातों पर निर्भर है—(१) **आर्द्रता** (Humidity), (२) **मिट्टी का गुण**।

एक पात्र में, जिसकी ऊँचाई बहुत कम हो, यदि मिट्टी भर दी जाय और वह सूखने को छोड़ दिया जाय, तो उसमें जो जल रह जायगा, वह तौलने पर प्रति दिन भिन्न-भिन्न तौल प्रकट करेगा। जिस दिन आर्द्रता अधिक होगी, उस दिन जल की तौल अधिक होगी। उष्णता की अवस्था में तौल कम होगी। इसलिए वैज्ञानिकों ने मिट्टी में स्थित इस जल का उचित नाप जानने के लिए, मिट्टी को एक नियत आर्द्रता पर रखकर उसमें जल का विश्लेषण किया और यही विश्लेषण-क्रिया इस जल के निकालने के लिए उपयुक्त समझी गयी। मिट्टी में अधिक-से-अधिक इस प्रकार का जल तभी प्राप्त किया जा सकता है जब उससे स्पर्श करनेवाली वायु में आर्द्रता अधिक-से-अधिक हो।

यदि विभिन्न प्रकार की मिट्टियों में इस प्रकार के जल की एक ही आर्द्रता पर तुलना की जाय तो यह पता चलेगा कि जल का कम या अधिक होना मिट्टी के कोलाएड पदार्थ पर निर्भर है। इसका सम्बन्ध मिट्टी में स्थित लौह औक्साइड से है। सारणी २० में विभिन्न प्रकार की मिट्टियों में स्थित रासायनिक जल का विवरण दिया गया है।

इस सारणी से पता चलता है कि चिकनी मिट्टियों में, जिनमें कलिल अधिक है, रासायनिक जल की मात्रा अधिक है। कार्बनिक कलिल (Organic colloid) के होने से इसकी मात्रा और अधिक बढ़ जाती है।

सारणी संख्या २०

विभिन्न प्रकार की मिट्टियाँ	Hygroscophic moisture% प्रतिशत
क्वार्ट्ज बालू (Quartz sand)	०.०३
दोमट बालू (Loamy Sand)	९.००
बलुई दोमट (Sandy Loam)	२.४००
मध्य दोमट ((Medium Loam)	३.००
मटियार दोमट (Heavy Loam)	६.५०
लौह युक्त चिकनी मिट्टी (Ferrugonous clay)	२३.८०
(Peat)	१८.४०

(ख) शोषित जल, कलिल (Imbibitional moisture)—जब जल सूखी हुई मिट्टी पर पड़ता है, तब उसमें स्थित कलिल जल का शोषण करते हैं और इस प्रकार वे फूल जाते हैं। शोषण क्रिया के बाद मिट्टी का रंग बदल जाता है। उसमें कुछ कालापन और चिपकने की शक्ति आ जाती है। वह लसदार हो जाती है तथा उसमें खिचाव और तनाव भी आ जाते हैं। इस प्रकार की क्रिया उसी भाँति है, जिस प्रकार एक स्पन्ज को पानी में भिगोने से होता है। इस प्रकार का जल, जो मिट्टी द्वारा शोषित होता है, पौधों के लिए लाभकारी है। पौधे उसे सुगमता से जड़ द्वारा शोषित कर सकते हैं। किन्तु अन्य यांत्रिक शक्तियों द्वारा वह जल कलिल पदार्थों से अलग नहीं किया जा सकता।

(ग) केशाल जल, कणान्तरिक जल (Capillary moisture)—जैसे-जैसे पानी अधिक बढ़ने लगता है, कोलाएड पदार्थों द्वारा शोषण के बाद जल केशीय नलियों में ठहर जाता है। यह क्रिया धीरे-धीरे उत्पन्न होती है। पहले जल नलियों की दीवारों पर जमा होता है और तत्पश्चात् वह वायु को बाहर निकालकर अपना स्थान जमा लेता है।

पीछे दिये गये चित्र सं० २७ में इस प्रकार से जल धारण करने की शक्ति दिखलायी गयी है और केशीय नलियों में जल किस प्रकार ऊपर उठता है, यह भी दिखलाया गया है। केशीय नलियों में पानी की ऊँचाई गणित द्वारा जल के तलतनाव (Surface tension), नली की त्रिज्या (Radius), जल के घनत्व और पृथ्वी की गुरुत्वाकर्षण शक्ति पर निर्धारित की गयी है।

नीचे दिये गये समीकरण द्वारा यह स्पष्ट है।

यदि —

नलियों में जल की ऊँचाई	=	उ
तलतनाव (surface tension)	=	स
त्रिज्या (Radius)	=	त
गुरुत्वाकर्षण शक्ति	=	ग
घनत्व	=	घ

$$\text{उ} = \frac{2\,\text{स}}{\text{त ग घ}}$$

ऊपर के समीकरण से यह पता चलता है कि यदि नलियों की त्रिज्या कम होगी तब जल की ऊँचाई भी अधिक होगी।

पृथ्वी के नीचे विभिन्न गहराइयों पर जलस्रोत की धारा चलती रहती है। इस जल-स्रोत से केशीय नलियों द्वारा जल ऊपर उठता है। यदि ऊपर की वायु में आर्द्रता कम रहती है, तब जल का खिंचाव अधिक जोरों से होता है। इस क्रिया की तुलना एक शीशे की नली से की गयी है जो पानी में डूब रही है। किन्तु मिट्टी में नलियाँ शीशे की नली-जैसी सीधी नहीं रहतीं, वे टेढ़ी-मेढ़ी रहती हैं, और कहीं-कहीं बन्द भी हो जाती हैं। फिर भी एक नली का दूसरी नली से सम्बन्ध हो जाता है और इस प्रकार जल का खिंचाव ऊपर की ओर जारी रहता है।

यद्यपि ऊपर दिये गये समीकरण द्वारा हम जल की ऊँचाई को ठीक-ठीक नहीं नाप सकते, फिर भी वह समीकरण हमें इस सिद्धान्त को मान लेने के लिए बाध्य करता है कि नलियों की त्रिज्या (Radius) से मिट्टी में स्थित जल के चढ़ाव और उतार का सम्बन्ध है। यदि त्रिज्या अधिक होगी तब गुरुत्वाकर्षण द्वारा जल नीचे की ओर बह जायगा और नलियों में ऊँचाई कम उठेगी। इसी कारण से उन मिट्टियों में जो चिकनी मिट्टी कही जाती हैं और भारी होती हैं, नलियों द्वारा पानी का चढ़ाव अधिक होता है, क्योंकि इनमें स्थित केशीय नलियाँ अत्यन्त छोटी त्रिज्या (Radius)

वाली हैं। इसके ठीक विपरीत बलुई मिट्टियों में जल केशीय नलियों द्वारा ऊपर नहीं उठता। कारण इन मिट्टियों में केशीय नलियों की त्रिज्या अधिक होती है।

मिट्टी में केशीय नलियाँ सीधी न होने के कारण पानी में रुकावट डालती हैं। इसका ज्ञान हमें चित्र सं० २७ से प्राप्त होता है।

चित्र में बायीं ओर एक शीशे की नली बनायी गयी है जिसमें बीच में उसकी त्रिज्या कम कर दी गयी है। मिट्टी की नलियों में भी इसी प्रकार त्रिज्या कई स्थानों पर अत्यन्त कम हो जाती है। जहाँ-जहाँ नली की त्रिज्या कम हो गयी है वहाँ-वहाँ जल को ऊपर चढ़ने में रुकावट होती है।

केशीय नलियों द्वारा जल केवल नीचे की ओर ही नहीं जाता, वरन् सतह पर चारों तरफ फैलता भी है, जिसके कारण वह अधिक देरतक ऊपरी सतह पर नहीं ठहर सकता। इस तरह का जल-वितरण केशीय नलियों में स्थित जल के दबाव पर निर्भर रहता है। यदि एक स्थान पर दबाव ज्यादा है और दूसरे स्थान पर कम है, तब जल जिस स्थान पर दबाव ज्यादा है उस स्थान से, जिस स्थान पर दबाव कम है, उस स्थान पर जायगा।

जब बर्फ का जल मिट्टी पर पड़ता है, तब बड़ी-बड़ी त्रिज्यावाले केशीय नल प्रथमतः जल से भर जाते हैं और तत् पश्चात् जल छोटी नलियों में जाने की चेष्टा करता है। यदि वर्षा अथवा सिंचाई द्वारा पानी अधिक हो तब गुरुत्वाकर्षण से नलियों के रास्ते जल बहुत नीचे तक पहुँच सकता है। किन्तु यह क्रिया अधिक दूर तक नहीं होती, क्योंकि गुरुत्वाकर्षण शक्ति से जो जल नलियों के रास्ते नीचे की ओर जाता है, उस पर ऊपरी सतह की ओर जाने के लिए वायु की गर्मी और आर्द्रता की कमी का खिंचाव पड़ता है। इन दोनों शक्तियों का साम्य (Equilibrium) हो जाता है। यदि सिंचाई तथा वर्षा द्वारा कम जल सतह पर पहुँचता है तब सतह के नीचे बहुत कम दूर तक जल का प्रवेश हो पाता है। थोड़ी वर्षा में सिर्फ चार या पाँच इन्च तक पानी पहुँच सकता है। इस सम अवस्था में जल अधिक दिन तक मिट्टी में टिका रहता है।

(घ) भू-आकृष्ट जल अथवा गुरुत्वाकर्षण जल (Gravitational Moisture)

जब सब नलियाँ भर जाती हैं और जल उससे भी अधिक जमा होने लगता है तब गुरुत्वाकर्षण शक्ति द्वारा वह नीचे की ओर बह जाता है और पृथ्वी के नीचे के जलस्रोत में मिल जाता है। इस जल को हम गुरुत्वाकर्षण जल कहते हैं।

जल की ऐसी अवस्था तभी पहुँचती है जब सभी केशीय नलियाँ जल से भर जाती हैं और वायु केशीय नलियों में नहीं रहता। ऐसी अवस्था में पहुँचने के पहले मिट्टी की ऊपरी सतह पर जल जमा होने लगता है। गुरुत्वाकर्षण द्वारा जो जल नीचे की ओर जाता है, वह पौधों के लिए अप्राप्य हो जाता है। पौधों के लिए तो वही जल प्राप्य है जो केशीय नलियों में भरा रहता है, अथवा मिट्टी के कोलाएड द्वारा ग्रहण किया जाता है। जब मिट्टी की अवस्था ऐसी हो कि जल आसानी से नीचे की ओर जा सके, तब खेतों में पानी लगना, अथवा बाढ़ की अवस्था नहीं होती। यह मिट्टी की बनावट पर निर्भर है। बाढ़ को रोकने के लिए मिट्टी में छोटे-छोटे कणों का रहना कुछ सीमित मात्रा के ऊपर हानिकारक हो सकता है। क्योंकि यदि ये छोटे कण अधिक मात्रा में होते हैं तब केशीय नलियों की त्रिज्या कम रहती है और जल का बहाव नीचे की ओर रुकने लगता है। इसलिए आसानी से जल को नीचे की तरफ निकल जाने के लिए मिट्टी में बालू और सिल्ट का रहना अत्यन्त आवश्यक है। इन दोनों प्रकार के कणों के यथेष्ट मात्रा में रहने पर गुरुत्वाकर्षण द्वारा जल का बहाव शीघ्र नीचे की ओर हो सकेगा।

पौधों का जल से सम्बन्ध—जब तक पानी अधिक मात्रा में रहता है, पौधों की जड़ें अपना काम करती रहती हैं। यदि धीरे-धीरे यह मात्रा कम कर दी जाय तो एक ऐसी अवस्था आयगी जब पौधों की जड़ें पानी का शोषण करने में असमर्थ रहेंगी और पौधे सूखने लगेंगे। ऐसी अवस्था में मिट्टी में जल बहुत कम रहता है और उसको मिट्टी से पृथक् करने के लिए अधिक मात्रा में शक्ति की आवश्यकता होती है। इस अवस्था में जो जल मिट्टी में है, उसे शोषण-गुणांक (Welting Co-efficient) कहते हैं। इस शोषण-गुणांक की उपयोगिता अधिक है, क्योंकि इससे मिट्टी के कोलाएड पदार्थ की मात्रा का ज्ञान होता है। इसके अतिरिक्त इससे निष्क्रिय जल (Inactive water) की मात्रा का भी ज्ञान होता है। उस अधिकतम जल को जो मिट्टी संतृप्त वायुमंडल (Saturated atmosphere) से किसी एक तापक्रम पर शोषण करती है, शोषक गुणांक (Hygroscophic Co-efficient) अथवा जल-समावेश शक्ति (Hygroscophic capacity) कहते हैं।

शोषक गुणांक का ज्ञान निम्न प्रकार से प्राप्त किया जा सकता है—

शोषक गुणांक=शुष्क गुणांक ×०.६८ (Wielting Co-efficient ×0.68)

=(जल धारण शक्ति—२१) ×०.२३४

(Moisture holding capacty) ×0.234

=०.००७ रेत+०.०८२ सिल्ट+.३९ चिकनी मिट्टी+जीवांश
=0.007 sand+0.082 silt+.39 clay+organic matter

आदिकाल से जब मिट्टी में जल का अनुसंधान हुआ तभी से इस बात की चेष्टा हो रही है कि किस प्रकार मिट्टी की विश्लेषण-क्रिया की जाय, जिससे हम पौधों द्वारा शोषित द्रव्यों की मात्रा का ज्ञान प्राप्त कर सकें। एक आदि क्रिया वह थी जिससे हम अधिकतम जल का पता चला सकते थे। इस क्रिया द्वारा उस जल का पता चलता था जो मिट्टी को पानी से पूर्णतया भिगो देने पर बच जाता था। इस मिट्टी को एक पात्र में रख देते हैं, उस पात्र के, तल (थल्ली Bottom) में छोटे-छोटे छिद्र रहते हैं और पात्र को फिर जल में रखते हैं। जब जल मिट्टी को पूर्णरूप से भिगा देता है, तब उस पात्र को उठा लेते हैं और अलग रख देते हैं। फिर फालतू जल निकल जाता है और जो मिट्टी में जल रह जाता है, उसे अधिकतम जल कहते हैं। इसका अर्थ हुआ मिट्टी द्वारा "अधिकतम जल शोषण शक्ति"। इस जल की मात्रा कणान्तरिक छिद्रों पर निर्भर है।

एक क्रिया ऐसी भी है जिससे हम यह पता चला सकते हैं कि छोटी-छोटी केशीय नलियों में कितना जल है। इसे हम आर्द्रता-तुल्य (Moisture equivalent) जल कहते हैं। इस जल की मात्रा हम मिट्टी में स्थित जल को सेन्टरी फ्यूज (Centrifuge, एक प्रकार की चक्की, जिसमें वस्तुओं को अधिक वेग से घुमाया जाता है) द्वारा निकालकर, पा सकते हैं। इस क्रिया द्वारा कणान्तरिक छिद्रों का पानी बाहर निकल आता है और कोलाएड जल रह जाता है। यह क्रिया उतनी संतोषजनक नहीं है, क्योंकि चक्की का वेग अधिक होने से कोलाएड जल के बाहर निकलने की संभावना रहती है। कुछ वैज्ञानिकों का मत है कि चक्की का वेग यदि गुरुत्वाकर्षण शक्ति से १८००० गुना ज्यादा हो, तो एक सीमा पहुँच जाती है और उस अवस्था में जो मिट्टी द्वारा पानी शोषित रह जाते हैं, उन्हें हम अधिकतम अणु जल कह सकते हैं।

मिट्टी के जल की जाँच करने का एक दूसरा तरीका है, जिसे हम असलाग बिन्दु अर्थात् स्टिकी पाइण्ट (Sticky Point) कहते हैं। यदि हम मिट्टी को पीसकर महीन बना दें और उसमें पानी डालकर अच्छी तरह गूँध दें तब मिट्टी एक ढेला सी बन जायगी। इस ढेले को चाकू से काटने पर मिट्टी के कण जब चाकू में नहीं सटते, तब उस जल की मात्रा को हम स्टिकी पाइन्ट (Sticky Point) कहते हैं। यह जल मिट्टी के कोलाएड पदार्थों द्वारा पूर्ण रूप से शोषित जल का प्रतीक है। कणान्तरिक छिद्र के जल भी इसमें शामिल हैं, और ये मिट्टी के वजन पर १९ प्रतिशत होते हैं।

इसलिए स्टिकी पाइण्ट की मात्रा में से १६ घटा देने पर जो बच जाता है, वह कोलाएड पदार्थों द्वारा शोषित किये गये जल का प्रतीक है।

PF की मात्रा PF value

PF एक सम्बोधन है जो मिट्टी में स्थित जल की उपयोगिता को बतलाता है।

दो प्रकार की मिट्टियों में जल की मात्रा बराबर होने पर भी पौधे इनसे बराबर मात्रा में जल नहीं ले सकते। पौधों के लिए जल-ग्राह्यता भिन्न हो सकती है। उदाहरणस्वरूप यदि बलुई मिट्टी और चिकनी मिट्टी में जल की मात्रा १० प्रतिशत हो, तो बलुई मिट्टी से ५ प्रतिशत जल पौधों के लिए ग्राह्य हो सकता है, किन्तु मटियार मिट्टी में जल पौधों के लिए ग्राह्य नहीं रह जाता। भिन्न-भिन्न प्रकार की मिट्टियों में जल का तुलनात्मक रूप से अध्ययन करने के लिए एक ऐसे माप की आवश्यकता पड़ती है जो पौधों की ग्राह्यता बतला सके। मिट्टी से जल को ऊपर उठाने में अथवा अलग करने में शक्ति की आवश्यकता होती है। इस शक्ति को यदि हम दबाव के रूप में प्रकट करें, तब हमें यह पता चलेगा कि कौन-सी मिट्टी पर कितना दबाव पड़ने पर विभिन्न प्रकार के जल की मात्रा निकल सकेगी। इसका वर्णन हम ऊपर कर आये हैं।

जब मिट्टी पानी को शोषित करती है, तब मिट्टी से ताप के रूप में शक्ति का आविर्भाव होता है। इसका प्रदर्शन बहुत आसानी से हम कर सकते हैं, जब सूखी मिट्टी के ऊपर जल डालें। इससे यह पता चलता है कि जल और मिट्टी के संसर्ग से, ताप का बहिष्करण करके जो उनमें आकर्षण हुआ है, और जितनी मात्रा में ताप के रूप में शक्ति निकाली गयी है, उतनी ही मात्रा में शक्ति की आवश्यकता जल को मिट्टी से पृथक् करने में होगी। इसी आधार पर वैज्ञानिकों ने मिट्टी से पौधों द्वारा जलग्राह्य शक्ति का निर्धारण किया है। मिट्टी में जल दो प्रकार से आकर्षित होते हैं। एक कोलाएड सिलिकेट द्वारा शोषण, जो विद्युत् आकर्षण द्वारा कोलाएड पदार्थों की सतह पर पाये जाते हैं। यह जल कोलाएड पदार्थ की सतह पर अत्यन्त पतले पटल (Film) के रूप में रहता है। इसके पश्चात् जल के परमाणुओं का आपस में खिंचाव होता है और उस रूप में भी कुछ जल वर्तमान रहता है। इस प्रकार का जल छोटी और बड़ी केशीय नलियों में पाया जाता है।

शक्ति और आर्द्रता का सह-सम्बन्ध—मिट्टी से जल को निकालने में जो शक्ति लगती है, यदि उसको हम आर्द्रता से सम्बन्धित करें तो हमें यह पता चलेगा कि जो जल सुगमता से पौधों द्वारा ग्राह्य हो सकता है, उसको निकालने में कम शक्ति की आवश्यकता होती है। इस शक्ति का नाप इस प्रकार करते हैं।

मान लीजिए कि एक पात्र में जल रखा हुआ है। पात्र का पेंदा एक इंच लम्बा और एक इंच चौड़ा है और वह वर्ग के रूप में है। जल की ऊँचाई १००० सेन्टीमीटर है। १००० सेन्टीमीटर बराबर है ३९३.७ इन्च के। इसलिए पानी की ऊँचाई ३९३.७ इन्च हुई। एक घन इन्च जल का भार ०.०३६१२ पौण्ड होता है। इसलिए उस पात्र के पेंदे के हर वर्ग इन्च पर ३९३.७×०.०३६१२=१४.२२ पौण्ड भार पड़ता है। यह दबाव एक वायुमंडल के लगभग है। दबाव के रूप में शक्ति का यह माप छेदा लघुगणक (Logarithm) के रूप में दिखलाया जाता है और इसको PF कहते हैं। सारणी संख्या २१ में आप इसे देख सकेंगे।

सारणी संख्या २१

जल-निष्कासन शक्ति का विवरण

क्रम सं०	जल की ऊँचाई सेंटीमीटर में	वायुमंडल का दबाव	PF संख्या
१	१	१/१०००	०
२	१०	१/१००	१
३	१००	१/१०	२
४	३४६	१/३	२.५४
५	१०००	१	३
६	१००००	१०	४
७	१५८४९	१५	४.२
८	३१६२३	३१	४.५
९	१०००००	१००	५
१०	१००००००	१०००	६
११	१०००००००	१००००	७

इस प्रकार हम ऊपर की सारणी सं० २१ से PF Value द्वारा चिकनी मिट्टी से जल को पृथक् करने में जो शक्ति लगती है, उसका पता चला सकते हैं।

चित्र संख्या २८ में यह बतलाने की चेष्टा की गयी है कि विभिन्न मिट्टियों में विभिन्न प्रकार की आर्द्रता के लिए कितनी शक्ति की आवश्यकता होगी।

ऊपर यह कहा गया है कि रासायनिक आर्द्रता पौधों के लिए ग्राह्य नहीं है। पौधों के लिए सुगमता से ग्राह्य जल का ज्ञान आर्द्रता और शक्ति के चित्र संख्या २९ से मिलता है।

जल-संचालन की गति—इसका उल्लेख ऊपर किया गया है कि मिट्टी में जल-संचालन की गति कहीं पर अधिक, कहीं कम होती है। यह निम्नलिखित चार बातों पर निर्भर है—

(१) पटल की मोटाई (Thickness of Film)

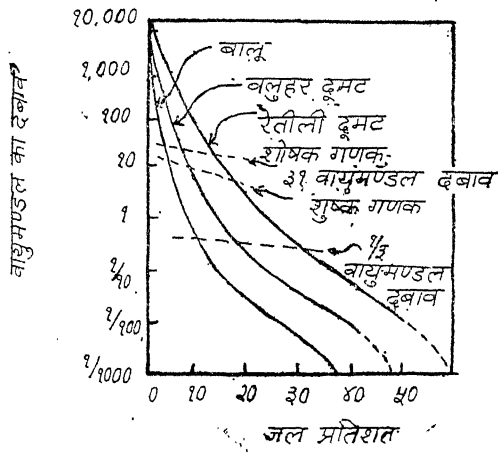
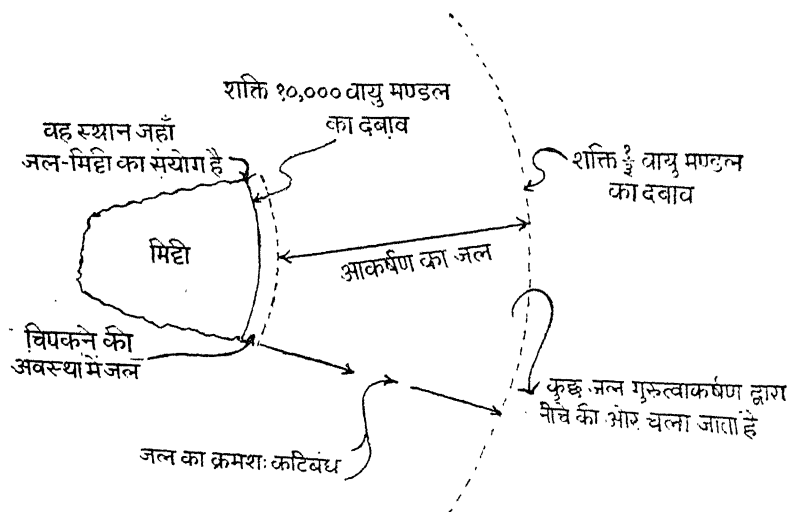
(२) श्यानता (चिपचिपापन Viscosity)

(३) कणों का आकार (Texture)

(४) मिट्टी-रचना अथवा क्रम (Structure)

चित्र २८—**मिट्टियों में आर्द्रता और शक्ति**

जब तक मिट्टी के जल-पटल की मोटाई में अन्तर न होगा, कणान्तरिक खिचाव भी अधिक नहीं होगा। इस कारण जल का संचालन भी कम रहेगा। जल की मात्रा का प्रभाव विशेष रूप से संचालन पर पड़ता है। जलरहित तथा शुष्क मिट्टी में कणान्तरिक जल की गति अत्यन्त कम होती है। इस क्रिया का उपयोग हम मिट्टी में पलवार (Mulch) के बनाने में किया करते हैं। पलवार बनाने में जब हम जुताई करते हैं, तब मिट्टी की ऊपरी सतह में केशीय नलियाँ बन्द हो जाती हैं और जल का वाष्पीकरण होकर उड़ जाना बन्द हो जाता है। अधिक आलगत्व (Viscosity, श्यानता) में कणान्तरिक खिचाव बढ़ जाता है, किन्तु जल-संचालन की गति बढ़ जाती है। तापक्रम से सान्द्रता का सम्बन्ध है। तापक्रम अधिक होने पर श्यानता कम हो जाती है और कणान्तरिक संचालन अधिक हो जाता है। परन्तु इस दशा में खिचाव की ऊँचाई कम हो जाती है। मिट्टी के कण आकार में जितने ही छोटे होते हैं, उतनी ही मन्द गति से जल उनमें संचालित होता है। किन्तु जल उनमें अधिक ऊँचाई तक चढ़ जाता है इस कारण से मटियार जमीन में जल अत्यन्त धीमी गति से परिच्युत (Leached) होता है। किन्तु इसमें स्थित केश-नलियों द्वारा कणा-

न्तरिक खिंचाव अधिक हो जाता है। बलुई जमीन में छिद्र बहुत-बड़े-बड़े होते हैं और जल शीघ्रतापूर्वक प्रवेश करता है। किन्तु प्रवेश की गहराई कम होती है।

चित्र २९—**पौधों के लिए आर्द्रता और शक्ति**

वैज्ञानिकों का यह अनुमान है कि रेतीली मिट्टी में जल १ फुट और सिल्ट मिट्टी में १५ फुट की ऊँचाई तक प्रवेश करता है। यह ऊँचाई उस जल से होती है जो स्वतंत्र है। इसका कोई विशेष व्यावहारिक लाभ दृष्टिगोचर नहीं होता, क्योंकि कृषि-भूमि में कणान्तरिक संचालन अधिक जलवाली मिट्टी से न्यून जलवाली मिट्टी में होता है। संचालन इतनी धीमी गति से होता है कि पौधों की जड़ें थोड़ी दूर से भी जल प्राप्त नहीं कर सकतीं और जलाभाव के कारण सूख जाती हैं। यहाँ तक कि ३–४ फुट की दूरी से भी जल प्राप्त करना असंभव हो जाता है। इस क्रिया में पौधों की जड़ों का विस्तार सहायता पहुँचाता है। यह एक प्राकृतिक नियम है कि पौधों की जड़ें, जल की खोज में स्वयं बढ़ती हैं। यही कारण है कि रेतों में उपजनेवाले पौधों का जड़-विस्तार बहुत अधिक होता है। इस प्रकार जड़-विस्तार और कणान्तरिक खिंचाव से पौधे जल को प्राप्त करते हैं।

कणान्तरिक जल-धारण शक्ति—अधिकतम कणान्तरिक जल-धारण शक्ति से हम पूर्णरूप से मिट्टी में पौधों द्वारा जल ग्रहण करने की शक्ति का आभास पाते हैं।

यह जल-धारण शक्ति कृषिरसायन कार्यालयों में अनेक क्रियाओं द्वारा निर्धारित की जा सकती है। इसकी एक क्रिया नीचे दी जा रही है—

मिट्टी को सुखाकर और पीसकर २ मि० मी० चलनी से छानकर एक प्याले में भर दिया जाय। इस प्याले के तल में बारीक छोटे-छोटे छेद रहते हैं। यह प्याला एक दूसरे पात्र में, जिसमें जल भरा हुआ है, रख दिया जाता है। प्याले का तल पात्र में भरे हुए जल की ऊपरी सतह को छूता रहता है। प्याले के तल के छिद्रों द्वारा मिट्टी का सम्पर्क जल से हो जाता है और मिट्टी जल को धीरे-धीरे शोषण करने लगती है। इस दशा में मिट्टी को कई घंटे रख देते हैं और उसके बाद प्याले को निकाल लेते हैं। उस समय तक मिट्टी जल को भरपूर ग्रहण कर लेती है। उसका तौल ले लेते हैं, तत्पश्चात् प्याले को सुखा लेते हैं और मिट्टी को तौल लेते हैं। इन दोनों तौलो को आपस में घटा लेने से हमको यह ज्ञात हो जाता है कि मिट्टी ने जल को कितनी मात्रा में शोषित किया और इस प्रकार हम प्रतिशत अधिकतम कणान्तरिक जलधारण शक्ति की मात्रा जान लेते हैं। कृषिभूमि की जलधारण शक्ति ज्ञात करने के लिए पहले सिंचाई करते हैं, फिर मिट्टी को लेकर उसकी आर्द्रता मालूम कर लेते हैं। इस जल की मात्रा का ज्ञान कृषि के लिए अत्यन्त आवश्यक है। इससे हमें पौधों की जलग्रहण तथा शोषण क्रिया के निमित्त जल की आवश्यकता का अनुमान होता है। भारतवर्ष की भिन्न-भिन्न मिट्टियों में अधिकतम कणान्तरिक जलधारण शक्ति भिन्न-भिन्न मात्रा में है। इस विषय पर कुछ आँकड़े नीचे की सारणी संख्या २२ में दिये जाते हैं।

सारणी संख्या २२

विभिन्न प्रकार की मिट्टियों में जलधारण शक्ति प्रतिशत

क्र.सं.	मिट्टी	कृषिभूमि की मिट्टी	बनायी हुई मिट्टी	२५% कार्बनिक पदार्थ के साथ
१.	बम्बई मटियार मिट्टी	५७.००	६२.००	६९.००
२.	रेतीली मिट्टी	२६.००	२८.००	३३.००
३.	लाल मिट्टी	४४.००	५०.००	५७.००

सारणी से यह पता चलता है कि मटियार मिट्टियों में जल-धारण शक्ति अधिक है तथा रेतीली मिट्टियों में अत्यन्त कम है। मिट्टी में कार्बनिक पदार्थ के मिला देने से जल-धारण शक्ति बढ़ जाती है।

मिट्टी को यदि हम छिद्रयुक्त (Perforated) प्याले में रख दें तो उसके ऊपर गुरुत्वाकर्षण शक्ति का हजार गुना प्रभाव पड़ता है। मिट्टी की आर्द्रता शनैः-शनैः कम होती जाती है, जब तक कि कणान्तरिक शक्ति और एक हजार गुनी गुरुत्वाकर्षण शक्ति में समानता न हो। ऐसी अवस्था में मिट्टी की प्रतिशत धारण शक्ति को आर्द्रता-तुल्य (Equivalent moisture) कहते हैं। इसकी मात्रा सदैव शुष्क गुणांक से अधिक और कृषिभूमि की अधिकतम जल-धारण शक्ति से कम होती है। इसका ज्ञान हम नीचे लिखे समीकरण से प्राप्त कर सकते हैं।

आर्द्रता तुल्य =(जल धारण शक्ति–२१)×०.६३५
=(Moisture holding capacity—21)×0.635.
=शोषक गुणांक×२.७१
=(Hygroscopic Co-efficient×2.71)

बिना जोती हुई कुछ मिट्टियों की जलधारण शक्ति तथा आर्द्रता-तुल्य की अवस्था तथा स्टिकी पाइन्ट (Sticky point) नीचे दी हुई सारणी संख्या २३ में प्रकट किया गया है।

सारणी संख्या २३

विभिन्न प्रकार की मिट्टियों में जलधारण शक्ति तथा आर्द्रता-तुल्य और स्टिकी पाइन्ट

क्र. सं.	मिट्टी	अधिकतम जल-धारण शक्ति	आर्द्रता तुल्य	स्टिकी पाइन्ट (sticky-point)
१.	भारी मिट्टी	८१.००	४४.००	४९.००
२.	रेतीली दोमट	५३.००	३६.००	३८.००
३.	मटियार दोमट	६६.००	४०.००	४०.००
४.		६४.००	४१.००	४१.००

यदि किसी समय जड़ का ग्रहण पौधों द्वारा जल के निष्कासन से कम हो जाता है तब पौधों में जल की मात्रा कम हो जाती है और वे सूख जाते हैं। यह अवस्था संपूर्ण जल ग्रहण करने के पहले ही आ जाती है, क्योंकि अन्तिम अवस्था में, मिट्टी में जल दृढता-पूर्वक बना रहता है और इस जल को पौधों की जड़ें उपयोग करने से वंचित करती

हैं। ऐसी अवस्था में कणान्तरिक संचालन अत्यन्त मन्द गति को प्राप्त होता है, और यही कारण है कि पौधे इस जल को प्राप्त नहीं कर सकते। जिस मिट्टी में जल की मात्रा कम रहती है उसी में यह क्रिया होती है। इस अवस्था में पौधों के मुरझाने को हम शुष्क होना (Welting) कहते हैं। यह मुरझाना जब सदैव के लिए हो जाता है, तब इसे हम स्थायी शुष्क होना कहते हैं। ऐसी अवस्था में जितनी आर्द्रता प्रतिशत मिट्टी में होती है, उसे हम शुष्क गुणांक कहते हैं। कहीं-कहीं इस अवस्था को विशेष आर्द्रता अवस्था (Critical moisture point) भी कहा जाता है। इस शुष्क गुणांक का सम्बन्ध आर्द्रता तुल्य शोषक गुणांक (Hygroscopic Co-efficient), जल-धारणशक्ति तथा मिट्टी की बनावट से रहता है। यह सम्बन्ध नीचे के समीकरण से ज्ञात होगा।

समीकरण

शुष्क गुणांक =आर्द्रता तुल्य + १.८४
=शोषक गुणांक / ०.६८
=जलधारण शक्ति / २.९

भिन्न-भिन्न पौधों का भिन्न-भिन्न मिट्टियों पर शोषक गुणांक भी पृथक्-पृथक् होता है। यह निम्नलिखित सारणी संख्या २४ में दिया गया है।

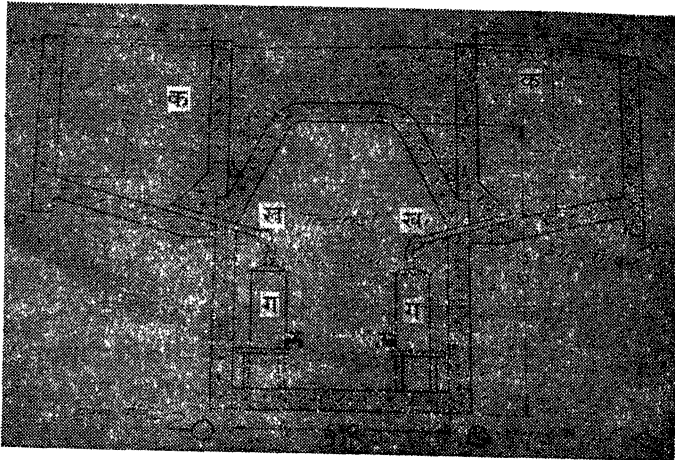
सारणी संख्या २४

फसल	मिट्टी	मिट्टी	मिट्टी
	रेतीली	सिल्ट	मटियार
ज्वार	६	१०.०	१४.०
गेहूँ	६.५	१०.५	१४.५
चावल	५.५	१०.०	१३.०
मटर	७	१२.५	१६.५

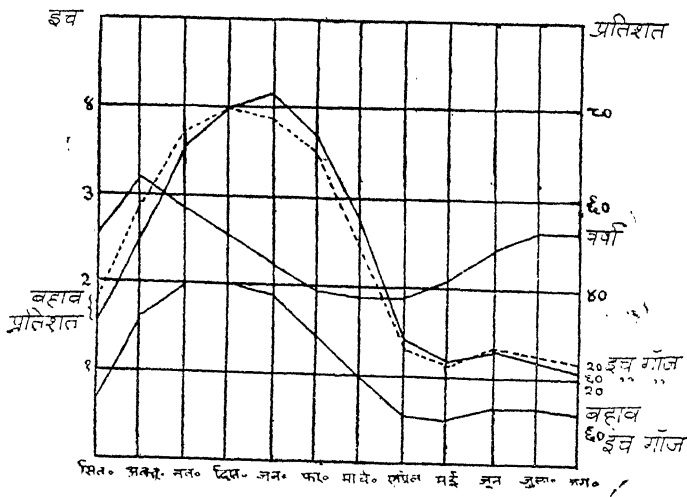
आर्द्रता, जल का रिसना (Percolation), **वाष्पीकरण** (Evaporation) **और उत्स्वेदन** (Transpiration) —

मिट्टी पर जब वर्षा का जल पड़ता है, तब वह चार प्रकार से वितरित हो जाता है—(१) वाष्प द्वारा जल का उड़ जाना, (२) पौधों के पत्तों द्वारा जड़ से शोषित होकर निकलना, जिसे हम उत्स्वेदन (Transpiration) कहते हैं, (३) ढाल पर पानी का बह जाना तथा (४) पानी का नीचे की तरफ सरकना।

यदि वाष्पीकरण और उत्स्वेदन द्वारा जल अधिक मात्रा में निकल जायगा, तब जल का सरकना कम हो जायगा। इसलिए यदि ढालू जमीन पर जल बह न जाय तब वर्षा की मात्रा में वाष्पीकरण और उत्स्वेदन की मात्रा को घटा देने से हमें रिसने की मात्रा का पता चलता है। रिसने का पता बाह्य रूप से किसी समय के अन्तर पर प्रतिशत पानी के नीचे की ओर जाने से चल सकता है, किन्तु यह माप उतना सही नहीं है, जितना रिसना-माप यन्त्र से हो सकता है।

चित्र संख्या ३० में यह यन्त्र दिखलाया गया है, यह यन्त्र अमेरिका के कौरनील (Corneel) विश्वविद्यालय इथीका (Itheca) में कार्यान्वित हुआ है। चित्र में यन्त्र का उदग्र छेद (Vertical-Cross-section) दिखलाया गया है। मिट्टी को गोलाकार या चौकोर सीमेंट की दीवार से घेर देते हैं और ६ या ८ फुट

चित्र ३०—रिसना-माप यंत्र

की गहराई तक दीवार बनाते हैं। नीचे के पेंदे में लोहे का चदरा देते हैं, लेकिन इस क्रिया के करने में मिट्टी प्राकृतिक रूप में रखी जाती है। इस प्रकार सीमेंट और लोहे के ये बड़े-बड़े पात्र बन जाते हैं। इस यन्त्र में बड़े-बड़े पात्रों में मिट्टी प्राकृतिक रूप में भरी रहती है और उनका सम्बन्ध नीचे के जल इकट्ठा करनेवाले पात्र से होता है, जैसा कि चित्र में दिखलाया गया है। "क" नामक पात्र में मिट्टी है, "ख" जल की नली है और "ग" में जल एकत्रित होता है। इस प्रकार हम पानी के रिसने (Percolation) का पता चला सकते हैं।

चित्र संख्या ३१में हम १८७० से लेकर १९०५ ई० तक वर्षा और मिट्टी के अन्दर रिसने (Percolation) का रेखाचित्र (Graphs) दे रहे हैं। ये आँकड़े रौथेम्स्टेड

ई० १८७० से ई० १९०५ तक का रौथेम्स्टेड में वर्षा और पानी का मिट्टी में सरकना (Percolation)

चित्र ३१—मिट्टी में पानी के रिसने का रेखाचित्र

(Rothemested) कृषि अनुसंधानशाला से लिये गये हैं। इससे यह प्रकट है कि सम्पूर्ण वर्षा का प्रायः आधा हिस्सा जल ६०" तक मिट्टी में रिस जाता है। शरत् ऋतु में वर्षा का ८० प्रतिशत जल मिट्टी में रिस जाता है। अगस्त महीने में २० प्रतिशत जल मिट्टी में रिसकर चला जाता है। जल लगातार मिट्टी की ऊपरी सतह से वाष्प रूप में अथवा पौधों के पत्तों द्वारा वाष्प रूप में परिणत होकर निकल

जाता है। मिट्टी की ऊपरी सतह से सूर्य की किरणों द्वारा जल का वाष्पीकरण होना एक असाधारण क्रिया है। यह क्रिया उष्ण प्रदेशों में बहुत होती है और शीत प्रदेशों में कम। गर्मी में इस क्रिया का प्रकोप इतना शक्तिशाली होता है कि मिट्टी में जल नाम मात्र को भी नहीं रह जाता। लेखक को बिहार जिलों के उत्तरी क्षेत्र में इस क्रिया का अन्वेषण करते समय जो आँकड़े मिले, वे सारणी संख्या २५ में दिये जाते हैं।

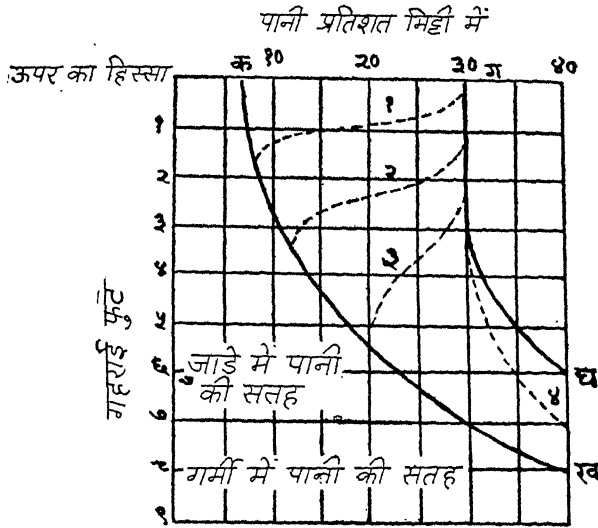
सारणी संख्या २५

उत्तरी बिहार में उष्णता द्वारा मिट्टी की आर्द्रता पर प्रभाव

मिट्टी का नमूना लेने की तिथि	फारेनहाइट में मिट्टी का तापमान	आर्द्रता प्रतिशत शुष्क मिट्टी पर
१ – ५ – '५२ ७ – ५ – '५२ १६ – ५ – '५२	औसत — ९७.३	४.६२ ४.८९ ४.९४
१७ – ५ – '५२ से २८ – ५ – '५२	औसत —१००.००	२.१५

उत्स्वेदन क्रिया—(Transpiration)—वाष्पीकरण और उत्स्वेदन इन दोनों ही क्रियाओं पर वायुमंडल की आर्द्रता का प्रभाव पड़ता है। यदि वायुमंडल में आर्द्रता कम होगी तो ये क्रियाएँ बढ़ जायँगी और यदि आर्द्रता अधिक होगी तो ये क्रियाएँ कम हो जायँगी। वायुप्रचलन का भी इस क्रिया पर प्रभाव पड़ता है। मिट्टी से जल अधिक मात्रा में बहिष्कृत हो सकता है, यदि मिट्टी पर पौधे वर्तमान हों और उनकी पत्तियाँ घनी हों। उत्स्वेदन की क्रिया वह क्रिया है जो पौधों को जीवित रखती है। इस क्रिया द्वारा पौधे जल प्राप्त करते हैं और उनके हर एक अवयव में जल संचालित होता है। इस क्रिया का सम्बन्ध मिट्टी की बनावट और खाद से भी है। इस पर अभी पूर्ण रूप से अनुसंधान नहीं हुआ है, किन्तु वैज्ञानिकों का ऐसा अनुमान है कि मिट्टी की भिन्न-भिन्न बनावटें और भिन्न-भिन्न खादें उत्स्वेदन में परिवर्तन करती हैं। उत्स्वेदन की क्रिया को हम पत्तों के क्षेत्रफल पर अथवा उनके शुष्क भार पर प्रकट करते हैं।

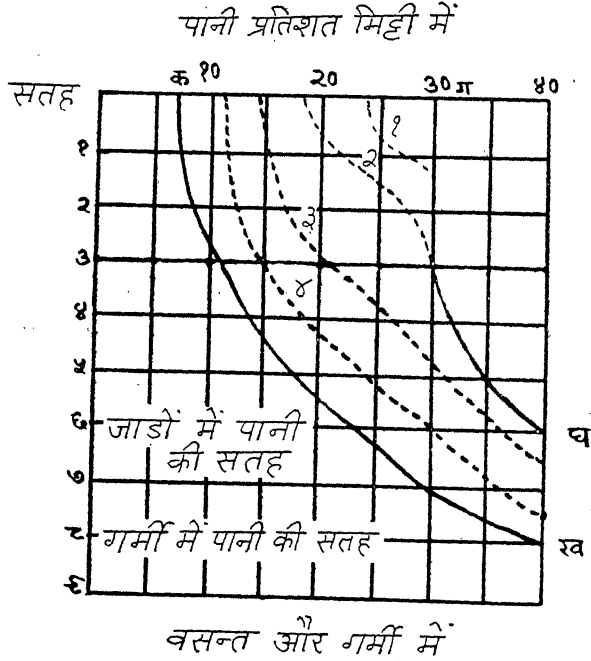
मिट्टी का जलवायु से सम्बन्ध—मिट्टी में स्थित आर्द्रता का जलवायु से सम्बन्ध स्थापित किया गया है। जाड़े के दिनों में जब तापमान अधिक घट जाता है और मिट्टी की ऊपरी सतह से वाष्पीकरण खत्म हो जाता है, तब वर्षा का पानी मिट्टी में ठहर जाता है। चित्र संख्या ३२ में इसका उल्लेख है।

इसमें दिखलाया गया है कि किस प्रकार जाड़े में पृथ्वी के नीचे का जलस्रोत जल की अधिकता के कारण मिट्टी की ऊपरी सतह से जब ५ या ६ फुट रहता है, तब वही जल-स्रोत गर्मी के दिनों में और अधिक नीचे ८ या ९ फुट रह जाता है। इस रेखाचित्र से यह भी पता चलता है कि जैसे-जैसे गहराई अधिक होती जाती है, जाड़े में जल की

चित्र ३२—**पतझड़ और जाड़े में मिट्टी के अंतरी भाग में पानी का प्रतिशत ठहराव**

प्रतिशतता नीचे की मिट्टी में अधिक होती जाती है। जाड़े में मिट्टी की ऊपरी सतह पर "क" "ख" रेखा के अनुसार जब कि मिट्टी की आर्द्रता १० प्रतिशत थी, तब ६ फुट नीचे की दूरी पर वह २५ प्रतिशत हो गयी और अधिक वर्षा होने के बाद यह संख्या ३० से ४० प्रतिशत हो गयी।

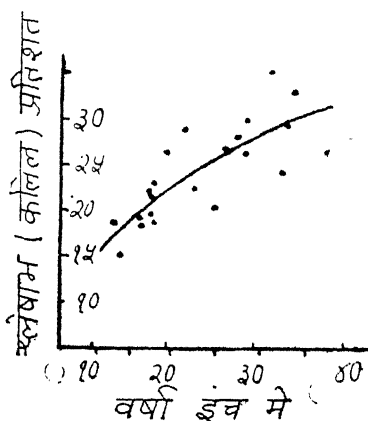
दूसरे रेखाचित्र (सं० ३३) में गर्मी और वसंत के दिनों में मिट्टी में जल की अवस्था दिखलायी गयी है। गर्मियों में मिट्टी की ऊपरी सतह से पानी की हानि होती है और जैसे-जैसे गर्मी बढ़ती जाती है वैसे-वैसे जल मिट्टी में प्रतिशत कम होता जाता है।

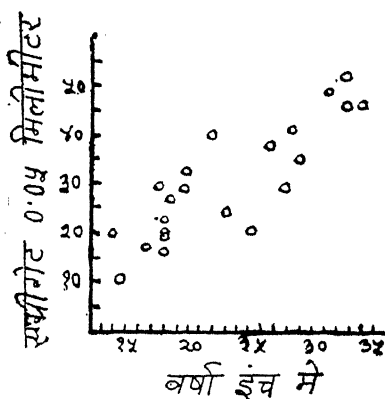
इस चित्र में रेखाओं द्वारा प्रकट किया गया है कि जल २५ प्रतिशत से घटकर ७ प्रतिशत तक पहुँच गया। मिट्टी के नीचे के स्तर में क्रमशः १, २, ३, ४ रेखाओं द्वारा जल की अवस्था दिखलायी गयी है।

वर्षा द्वारा मिट्टी के भौतिक और रासायनिक गुणों में परिवर्तन—पहले परिच्छेद में बतलाया गया है कि वर्षा का पानी जब अधिक वेग से पृथ्वी पर पड़ता है तब मिट्टियों का अपक्षरण होता है। यहाँ हम यह बतलाना चाहते हैं कि भिन्न-भिन्न प्रदेशों में औसत वार्षिक वर्षा का प्रभाव मिट्टी के भौतिक और रासायनिक

चित्र ३३—**गर्मी और वसंत में पानी का ठहराव**

गुणों पर किस प्रकार पड़ता है। वैज्ञानिकों ने अनुसंधान द्वारा यह पता लगाया है कि औसत वार्षिक वर्षा जैसे-जैसे बढ़ती है, वैसे-वैसे उन प्रदेशों की मिट्टियों में कलिल (Colloid) अधिक पाया जाता है। इसका ज्ञान हमें रेखा-चित्र संख्या ३४ से मिलता है

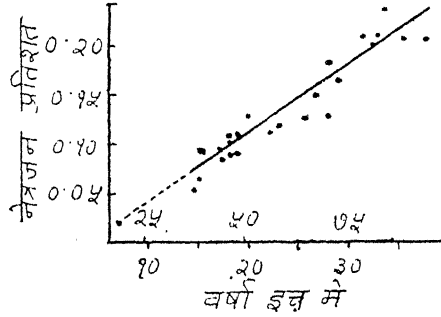
जिस देश में औसत वर्षा १० इंच प्रतिशत है, वहाँ कलिल भी १० इंच प्रतिशत के करीब है। और जिस देश में औसत वर्षा ३० इंच प्रतिशत हो, वहाँ कलिल भी अत्यन्त अधिक है। ये आँकड़े शीत प्रदेश के हैं।

इसी प्रकार वर्षा का सम्बन्ध मिट्टियों के छोटे-छोटे कणों से भी है। जिस प्रदेश

चित्र ३४—**औसत वार्षिक वर्षा और श्लेषाभ**

में औसत वर्षा प्रति वर्ष अधिक है वहाँ कण-समूह अधिक हैं। इसका बोध हमें रेखाचित्र संख्या ३५ से होता है।

चित्र ३५—**कण समूह से वर्षा का सम्बन्ध**

प्रति वर्ष औसत वर्षा का प्रभाव मिट्टी के नाइट्रोजन पर भी पड़ता है। शीत प्रदेशों से ये आँकड़े लिये गये हैं और वर्षा का नाइट्रोजन से परस्पर सम्बन्ध स्थापित किया गया है। यह सम्बन्ध हम चित्र संख्या ३६ में पाते हैं।

रेखाचित्र से प्रकट है कि वर्षा की अधिकता होने पर क्रमशः मिट्टी में नाइट्रोजन की अधिकता होती गयी।

खेतों से जल-निष्कासन तथा जलोत्सारण की क्रिया (Drainage)—जलोत्सारण का अर्थ है मिट्टी से अधिक जल का निकाल देना। अधिक वर्षा होने और सतह की गहराई होने से, खेतों में जल जमा हो जाता है। इस जल से पौधों को बहुत हानि पहुँचती है। पौधों की जड़ों को हवा और कम पानी की आवश्यकता होती है। यही कारण है कि मिट्टी की जुताई में हल द्वारा पतली-पतली नालियाँ बनाकर पानी को निकाल देते हैं। नालियों को बनाने में इस बात का ध्यान रखना चाहिए कि वे अधिक गहरी न हों, क्योंकि गहरापन अधिक होने से पौधों की जड़ों के टूट जाने की सम्भावना है।

चित्र ३६—**नाइट्रोजन पर औसत वर्षा का प्रभाव**

चित्र ३७—**नालियों द्वारा जलोत्सारण**

ऊपर चित्र सं० ३७ में यह दिखलाने का प्रयत्न किया गया है कि नालियों की गहराई अधिक रखने से पौधों की जड़ें टूट जाती हैं। जलोत्सारण अथवा जल-निष्कासन

नहीं होता। जल लगने से मिट्टी में नाइट्रोजन की हानि होती है। जलोत्सारण से मिट्टी के कण-समूह में वृद्धि होती है। जल के निकालने से मिट्टी में स्थित हानिकारक क्षार निकल जाते हैं और इस कारण मिट्टी की भौतिक स्थिति अच्छी हो जाती है। जल निकालने से मिट्टी का तापमान भी बढ़ जाता है और मिट्टी में गर्मी आ जाती है, इस कारण पौधे भी बढ़ते हैं। मिट्टी से अनावश्यक जल निकालने की क्रिया में कई प्रकार की उन्नति कृषि-अभियन्ताओं द्वारा हुई है।

जुताई इत्यादि का मिट्टी में स्थित जल पर प्रभाव—जहाँ वर्षा कम होती है और सम्पूर्ण वर्षाकाल के थोड़े ही दिनों में बरसात होकर अन्य समय अनावृष्टि की दशा रहती है, वहाँ यह अत्यन्त आवश्यक हो जाता है कि हम जल को सुरक्षित रूप से मिट्टी में बचाकर रखें, क्योंकि पौधों को जल की आवश्यकता उनके जीवन काल के समय में बराबर रहती है। जल को सुरक्षित बचाकर रखने के लिए, फसल की कटनी होने के बाद और वर्षाकाल के पहले, खेत की जुताई द्वारा बड़े-बड़े ढेलों को तोड़ देना आवश्यक है। यदि यह कार्य नहीं किया जाय तब वर्षा का पानी मिट्टी पर पड़कर शोषित नहीं होगा और वाष्प के रूप में विलीन हो जायगा।

यदि धरती ढालू रही तो सम्पूर्ण वर्षा का जल ढाल पर बहकर निकल जायगा। किन्तु यदि खेत की जुताई अच्छी तरह हो गयी और उसके बड़े-बड़े ढेले तोड़ दिये गये हैं, तब मिट्टी के छोटे-छोटे कण जल को शोषित कर लेंगे और जल उनमें बहुत दिन तक ठहर सकेगा। ऐसी मिट्टी में जल के नीचे की तरफ रिसने के साथ-साथ कणान्तरिक छिद्र के बढ़ जाने से जल का शोषण भी बढ़ जाता है। इंग्लैंड में, मिट्टी में जल विश्लेषण करके इस सिद्धान्त की पुष्टि की गयी है। नीचे सारणी संख्या २६ में जो आँकड़े दिये गये हैं, उनसे यह सिद्ध होता है कि वर्षा के पहले खेत की जुताई, जल-शोषण शक्ति और आर्द्रता सुरक्षण-क्रिया में सहायता पहुँचाती है।

सारणी संख्या २६

खेत की जुताई का आर्द्रता पर प्रभाव

गहराई	वर्षा के पहले की जुताई : जल प्रतिशत	जब वर्षा के पहले जुताई नहीं हुई, जल-प्रतिशत
प्रथम फुट मिट्टी	१६.४५	१६
द्वितीय फुट मिट्टी	१५.८	१४.६

उपर्युक्त सारणी में, मिट्टी के प्रथम फुट में, दोनों क्रियाओं में आर्द्रता का अन्तर ०.४५ प्रतिशत है। किन्तु द्वितीय फुट में १.२ प्रतिशत है। जुते हुए खेत में आर्द्रता अधिक है। इससे यह पता चलता है कि न केवल वर्षा के पूर्व की जुताई ऊपर की सतह में लाभदायक है, वरं नीचे की ओर आर्द्रता भी बढ़ जाती है और पानी का रिसना भी बढ़ जाता है। यह क्रिया उसी मिट्टी में हो सकती है जिसका कोलाएड (कलिल) प्रतिशत कम हो और जिसे हम दोमट (Loam) मिट्टी कहते है। भारी मिट्टी में, जिसे हम केवाल (Clay) कहते है, जिसमें कोलाएड अधिक है, यथेष्ट आर्द्रता के बिना हल नहीं चल सकता। इसलिए उस पर सिंचाई करके, जब उसके ढेले कुछ नरम हो यायें, तब जुताई करनी चाहिए।

जब पृथ्वी के नीचे का जलस्रोत खेत की सतह के निकट रहता है, तभी हम जुताई करके जल की वाष्पीकरण क्रिया को रोक सकते हैं, क्योंकि वहाँ केशीय नलियों के मुँह जुताई द्वारा बन्द हो जायँगे। अमेरिका में आर्द्रता को सुरक्षित रखने के लिए अन्वेषण किया गया है। नीचे दिये हुए आँकड़े किंग (King) के कार्यालय से लिये गये हैं। ऊपरवाली संख्या मिट्टी की ऊपरी सतह की आर्द्रता को निर्देशित करती है। यह संख्या विश्लेषण क्रिया द्वारा २९ अप्रैल को प्राप्त की गयी। २९ अप्रैल को भूमि का एक हिस्सा हल द्वारा जोत दिया गया और दूसरा बिना जोते छोड़ दिया गया। इन दोनों भागों से मिट्टी का नमूना ६ मई को लिया गया। ये आँकड़े नीचे सारणी संख्या २७ में दिये गये हैं।

सारणी संख्या २७

जल, पौंड प्रति वर्ग फुट

मिट्टी के नमूना लेने की तिथि	प्रथम	द्वितीय	तृतीय	चतुर्थ
२९ अप्रैल	१४.१	२०.१	१८.०	१६.६
६ मई जुताई २९ अप्रैल	१३.९	२०.७	१८.३	१६.०
६ मई जुताई नहीं हुई	१०.६	१८.०	१७.३	१३.९

ऊपर की संख्या से पता चलता है कि खेत के जिस भाग में जुताई नहीं हुई, उसमें आर्द्रता बहुत कम हो गयी। जल मिट्टी में किस प्रकार पौधों की जड़ तक पहुँचाया

जाय, इस विषय पर वैज्ञानिकों ने बहुत गहन विचार किये हैं। यह सिद्ध है कि पृथ्वी के नीचे के जलस्रोत से, जल ऊपर उठाने के लिए, जिससे पौधों की जड़ों में जल प्राप्त हो, यह आवश्यक है कि जल का संचालन केशीय नलियों में भली-भाँति होना चाहिए और इसके लिए उपयुक्त प्रकार की मिट्टियों की आवश्यकता है। ऐसी मिट्टियाँ वही हो सकती हैं जिनमें कोलाएड.(कलिल) कम हो और सिल्ट तथा बालू से युक्त हों। सिल्ट और बालू से मिट्टी की केशीय नलियाँ खुली रहती हैं और जल का संचालन सुगमतापूर्वक होता है। जहाँ ऐसी अवस्था नहीं प्राप्त होती वहाँ सिंचाई की आवश्यकता होती है। अनावृष्टि के समय में अथवा उन प्रदेशों में जहाँ वृष्टि नहीं होती, यदि मिट्टी में बालू अधिक हो, तब केशीय नलियों द्वारा पानी सुगमता से निकल जाता है। ऐसे वातावरण में पौधों को हानि पहुँचती है। किन्तु यदि ऐसे जलवायु में कलिल (Colloid) अधिक हो तब आर्द्रता अधिक हो जायगी, किन्तु कलिल की शोषण-शक्ति द्वारा जल की प्राप्ति पौधों के लिए कम हो जायगी। इसलिए दोनों ही अवस्थाओं में पौधे पनप नहीं सकेंगे। ऐसी मिट्टी में, जिसमें बालू की मात्रा अधिक होती है, जड़ें जल की कम प्राप्ति के कारण बढ़ नहीं सकतीं और जिसमें कलिल अधिक होता है उसमें जड़ों के बढ़ने में कठिनाई होती है।

मिट्टियों में उत्तम सबसे वही मिट्टी है जिसमें १५ प्रतिशत तक छोटे-छोटे कण ०.००२ मि०मी० वाले व्यास के हों और उसमें २० से ३० प्रतिशत ०.२ मि० मी० से ०.००२ मि० मी० तक के व्यास वाले कण हों और बचे हुए भाग पूर्णतः बालू हों जिसके कण का माप २ मि० मी० से ०.२ मि० मी० व्यास का हो।

पौधों द्वारा मिट्टी के जल का बहिष्करण—पौधों के पत्ते प्रत्येक पौण्ड शुष्क पदार्थ पर ३०० पौण्ड जल मिट्टी से लेकर वाष्पीकरण द्वारा निकालते हैं। इस कारण से किसी खेत में अगर अन्न की उपज अधिक हुई तो उसके कटने के बाद खेत में जल की मात्रा कम हो जायगी। इंग्लैंड में रौथेमस्टेड (Rothemsted) में १८७० ई० में इस विषय पर अनुसंधान हुआ था। उसके आँकड़े नीचे की सारणी (सं० २८) में दिये जाते हैं।

इन आँकड़ों से हमें ज्ञात होता है कि जिस मिट्टी पर पौधे उपजाये गये हैं, और जिस पर पौधे नहीं उपजाये गये हैं, दोनों ही में मिट्टी से जल के बहिष्करण की शक्ति में महान् अन्तर है। जिस मिट्टी में पौधे उपजाये गये हैं उसमें ९०० टन जल ५४ फुट जमीन की गहराई तक अधिक निकल गया। घासों के उपजाने से मिट्टी से जल बहुत जल्द निकल जाता है। कारण यह है कि घासों की जड़ मिट्टी में बहुत घनी होती है।

मिट्टी पर फसलों के उपजाने में इस बात का ध्यान होना चाहिए कि घास-पात उस खेत में उपजने न पायें। ऐसा न होने से फसलों के लिए जल की कमी हो जाती है।

सारणी संख्या २८

गहराई	मिट्टी से जल, पौधा रहित	प्रतिशत, पौधे के साथ
प्रथम ९ "	२०.३६	११.९१
द्वितीय ९ "	२९.५३	१९.३२
तृतीय ९ "	३४.८४	२२.८३
चतुर्थ ९ "	३४.३२	२५.०९
पंचम ९ "	३१.३१	२६.९८
षष्ठ ९ "	३३.५५	२६.३८

मिट्टी में ताप—पौधों की वृद्धि और जीवन मिट्टी और जलवायु के तापमान पर निर्भर है। ४१° फारेनहाइट के नीचे प्रायः सभी पौधे नष्ट हो जाते हैं। उस तापमान के ऊपर ही पौधे जीवित रह सकते हैं।

पौधों का खेत में अंकुरित होना, बढ़ना, पत्तों का बढ़ना, फलना और फूल लगना तथा मिट्टी में कीटाणुओं का जीवित रहना भी तापमान पर निर्भर है।

ये प्राकृतिक जीवन-क्रियाएँ एक निर्धारित तापमान के नीचे बिल्कुल ही बन्द हो जाती हैं, फिर जैसे-जैसे तापमान बढ़ता जाता है, वैसे-वैसे बढ़ती हैं। फिर एक खास तापमान पर इनकी क्रियाएँ अत्यन्त अधिक हो जाती हैं तथा उसके बाद यदि तापमान बढ़ता जाय तो क्रियाएँ कम होती जाती हैं।

इसलिए यह अत्यन्त आवश्यक है कि हम मिट्टी में तापमान की क्रिया को समझें और यह ज्ञान प्राप्त करें कि मिट्टी में तापमान कितना रहता है और कैसे-कैसे वह घटता बढ़ता है।

मिट्टी की ऊपरी सतह पर नीचे दिये हुए पाँच प्रकारों से गर्मी पहुँचती है।

(१) सूर्य की किरणों द्वारा मिट्टी का तापमान बढ़ जाता है। तापमान बढ़ने की यह प्रधान क्रिया है। सूर्य की किरणों के शोषण से मिट्टी में गर्मी आ जाती है।

(२) गर्मी की ऋतु में जब वर्षा होती है, वर्षा का गरम पानी पृथ्वी की सतह के भीतर जाकर मिट्टी का तापमान बढ़ा देता है।

(३) जल मिली हुई गरम भाप जब मिट्टी के ऊपर जमती है, तब मिट्टी का तापमान बढ़ जाता है।

(४) पृथ्वी के नीचे जो गर्मी रहती है, उसके ऊपर की तरफ संचालित होने से मिट्टी की ऊपरी सतह गरम हो जाती है और उसका तापमान बढ़ जाता है।

(५) कार्बनिक पदार्थ जब मिट्टी में सड़ने लगते हैं, तब उनमें रासायनिक क्रिया उत्पन्न हो जाती है, जिसके कारण गर्मी पैदा होती है। कुछ रासायनिक क्रियाएँ ऐसी होती हैं जो ताप उत्पन्न करती हैं। इस कारण भी मिट्टी में गर्मी पहुँचती है।

मिट्टी की ऊपरी सतह से ताप का घट जाना

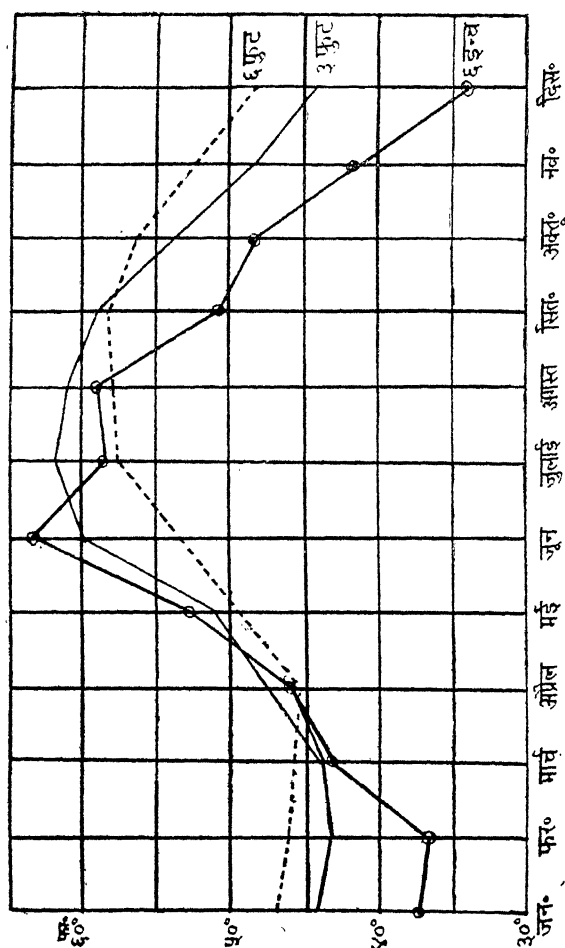
(१) जब ऊपरी हवा में ताप की मात्रा कम रहती है, तब मिट्टी से ताप घट जाता है और हवा का तापमान बढ़ जाता है। यह संचारणक्रिया साधारणतः सभी वस्तुओं में पायी जाती है। इस क्रिया द्वारा नीचे की मिट्टी में भी ताप बढ़ सकता है और ऊपर की मिट्टी में घट सकता है।

(२) जब मिट्टी पर पानी जम जाता और वह भाप बनकर ऊपर उठ जाता है तो इस क्रिया से भी मिट्टी का ताप घट जाता है। साधारण तापमान पर एक पौण्ड पानी के वाष्पीकरण द्वारा इतना ताप शोषित होता है कि ७५०० पौण्ड मिट्टी का ताप १° फा० घट जाता है।

मिट्टी के तापमान को घटाने और बढ़ाने का श्रेय उसकी ऊपरी हवा को है जो प्रायः गरम या ठंडी हुआ करती है।

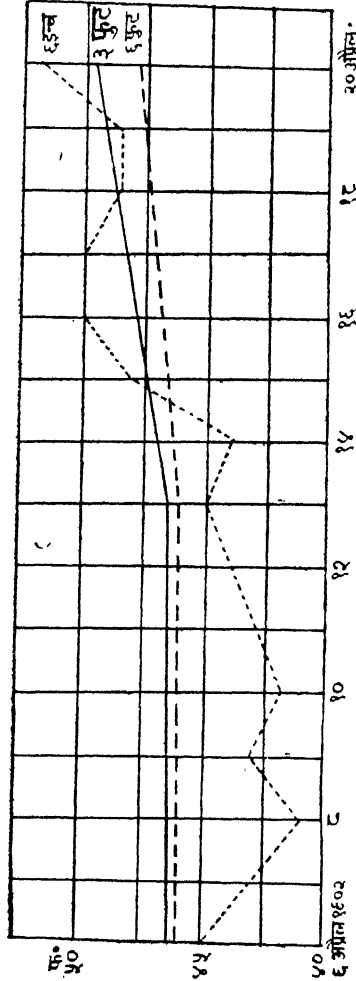
मिट्टी के तापमान का उसकी गहराई और जलवायु से सम्बन्ध

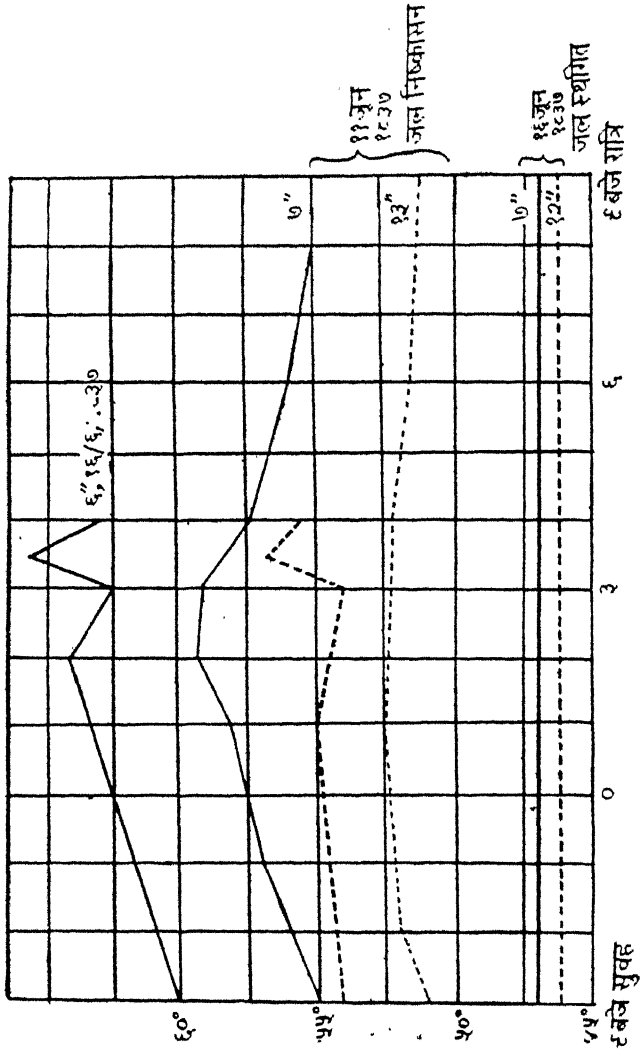
चित्र संख्या ३९ में ६ इन्च, ३ फुट और ६ फुट की गहराई पर मिट्टी के तापमान का परिवर्तन प्रति मास के क्रम से दिखलाया गया है।

इससे यह पता चलता है कि जैसे-जैसे गहराई होती जाती है, मिट्टी का तापमान कम होता जाता है। इसमें यह स्पष्ट है कि सबसे अधिक तापमान जो तीन फुट की गहराई पर दिखलाया गया है, वह तीन इंच की गहराई से कम है और छः फुट की गहराई पर सबसे अधिक तापमान अत्यन्त कम है। इसका कारण यह है कि ऊपरी हिस्से की मिट्टी का तापमान बहुत जल्द बढ़ जाता है, क्योंकि उसका सम्बन्ध सूर्य की किरणों से है और उसके बाद नीचे की मिट्टी में तापमान धीरे-धीरे बढ़ता है। चित्र संख्या ३९ में यह स्पष्ट दिखलाया गया है कि ६ इन्च के ऊपर जो तापमान है, वह अप्रैल के महीने में

चित्र ३९—मिट्टी का तापमान ९ बजे सुबह प्रति मास में

४६°फा० है, जो पौधों की बढ़ती के लिए प्रारंभिक अवस्था में सबसे कम तापमान समझा जाता है। रेखाचित्र से यह ज्ञात होगा कि जून-जुलाई के महीनों में मिट्टी में सबसे अधिक गरमी उत्पन्न हो जाती है। रेखाचित्र का प्रत्येक बिन्दु प्रत्येक मास के तीस दिन का औसत तापमान बतलाता है। अतः प्रत्येक दिन प्रातःकाल से लेकर दूसरे दिन प्रातः काल तक २४ घण्टे में ताप घटता-बढ़ता रहता है और दिन में १२ बजे के अन्दर सबसे अधिक रहता है, जिससे बीजों के अंकुरित होने में सहायता पहुँचती है।

क्योंकि बीज बोने के उपरान्त यदि मिट्टी का तापमान कम होगा तो बीज अंकुरित नहीं होगा। दिन में तापमान का घटना-बढ़ना सिर्फ मिट्टी की ऊपरी सतह तक सीमित है।

दूसरे चित्र सं० ४० में ६" इन्च, ३ फुट और ६ फुट की गहराई पर ३० अप्रैल को लिया गया प्रत्येक दो-दो दिन का तापमान दिखलाया गया है।

चित्र ४०—मिट्टी का तापमान नौ बजे सुबह प्रति दिन

इससे विदित होता है कि तीन फुट के नीचे दिनभर में मिट्टी के तापमान में कोई अन्तर नहीं पड़ता। सबसे अधिक अन्तर ६" इन्च की गहराई पर होता है। एक बात का और पता चलता है कि ६" इन्च की गहराई पर दिन में किसी समय ताप-मान

चित्र ४१—मिट्टी का तापमान जून में

इतना बढ़ जाता है कि वह बीज अंकुरण के लिए लाभकारक सिद्ध हुआ है। ये दोनों रेखा चित्र ४० और ४१ इंगलैंड की मिट्टी के हैं।

पौधों की वृद्धि के लिए तापमान—इस बात का पहले उल्लेख हो चुका है कि मिट्टी में बीज अंकुरण के लिए तापमान की आवश्यकता है। यह तापमान ४०° फा० से लेकर ४५° फा० तक इंगलैंड के लिए है।

नीचे दी हुई सारणी सं० २९ से पता चलेगा कि विभिन्न अन्न के उत्पादन में कम-से-कम और अधिक-से-अधिक या यथेष्ट तापमान कितना आवश्यक है।

सारणी संख्या २९

तापमान

विभिन्न अन्न		न्यून	यथेष्ट	अधिक
१.	सरसों	३२° फां०	८१° फां०	९९° फां.०
२.	जौ	४१° ,,	८३°.६ ,,	९९°.८ ,,
३.	गेहूँ	४१° ,,	८३°.६ ,,	१०८°.५ ,,
४.	मक्का	४९° ,,	९२°.६ ,,	११५° ,,
५.	सेम	४९° ,,	९२°.६ ,,	११५° ,,
६.	खरबूजा	६५° ,,	९१°.४ ,,	१११° ,,

फिर दूसरी सारणी सं० ३० में यह बतलाया गया है कि मिट्टी के तापमान का मक्के की जड़पर क्या असर पड़ता है।

पौधों की जड़ों द्वारा पानी की शोषण-क्रिया का सम्बन्ध मिट्टी के तापमान से है, यद्यपि कुछ पौधे, जैसे गोभी, शून्य तापमान पर भी थोड़ा पानी ले लेते हैं, फिर भी अन्य पौधों को पानी के शोषण के लिए अधिक तापमान की आवश्यकता पड़ती है। इसका उदाहरण "तम्बाकू" है। यथार्थ वात तो यह है कि जब मिट्टी का तापमान बहुत नीचे गिर जाता है, तब पौधों के पत्तों की सतह पर से वाष्पीकरण क्रिया घट जाती है और पौधे मरने लगते हैं।

सारणी संख्या ३०

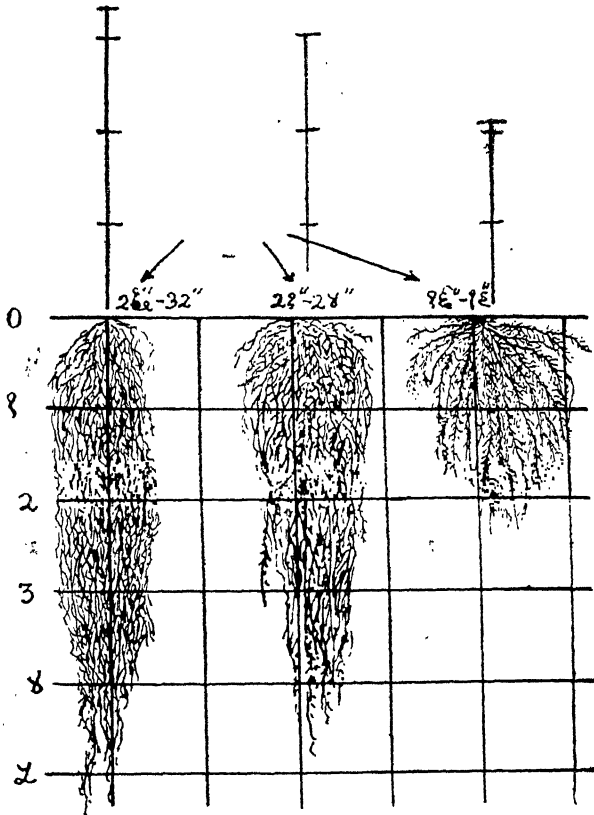
२४ घण्टे में मक्का की जड़ की वृद्धि पर तापमान का प्रभाव

तापमान	जड़ की लम्बाई मिलीमीटर में
६३° फा०	१.३
७९° ,,	२४.५
९२° ,,	३९
९३° ,,	५५
१०१° ,,	२५.२
१०८°५ ,,	५.९

खेतों में जल के निकालने से सूर्य द्वारा खेत की मिट्टी की गर्मी बढ़ जाती है। चित्र सं० ४१ में रेखाचित्र द्वारा यह बतलाया गया है।

मिट्टी के तापमान का संबंध मिट्टी के रंग से भी है। काली मिट्टी में सूर्य की किरणें अधिक शोषित होती हैं और उनका तापमान अधिक शीघ्र बढ़ जाता है। लाल मिट्टी में, पीली मिट्टी से अधिक शोषण होता है। सबसे कम शोषण उजली मिट्टी में होता है, जिसमें चूने की मात्रा अधिक रहती है। मिट्टी का रंग ह्यमस Humus होने के कारण काला हो जाता है। लाल और पीली मिट्टियाँ फेरी ऑक्साइड रहने के कारण अपना निजी रंग दिखलाती है। यद्यपि काली मिट्टियाँ ताप अधिक धारण करतीं हैं, फिर भी इसका अर्थ यह नहीं कि रात्रि के समय उनमें ताप शीघ्रता से कम होने लगता है।

बर्षा द्वारा पौधों की जड़ पर प्रभाव—बर्षा का प्रभाव पौधों की जड़ों पर पड़ता है। उन प्रदेशों में जहाँ उष्णता थोड़ी है, बर्षा का आधिक्य होता है, जड़ें बहुत नीचे तक फैल जाती हैं। जहाँ वर्षा कम होती है, वहाँ की जड़ें ठिगनीं होतीं हैं। गेहूँ की जड़ों पर अनुसंधान करने से यह बात सिद्ध हुई है। नीचे के चित्र सं० ४२ में औसत २६"

इंच २१ " इंच और १६" इंच वार्षिक वर्षा वाले प्रदेशों में मिट्टी के अन्दर गेहूँ की जड़ों का फैलाव दिखलाया गया है।

चित्र ४२—**गेहूँ की जड़ों में वर्षा का प्रभाव**

मिट्टी में वायु—मिट्टी में वायु का रहना अत्यन्त आवश्यक है। मिट्टी की वायु में प्रधानतः औक्सीजन (Oxygen), नाइट्रोजन (Nitrogen), कार्बन-डाई-आक्साइड (CO_2) रहती हैं। अमोनिया भी कुछ कम अंश में रहता है। नीचे की सारणी सं० ३१ में मिट्टी में स्थित वायु के प्रधान अवयवों को प्रतिशत परिमा पर दिखलाने की चेष्टा की गयी है। ये आँकड़े इंगलैंड की मिट्टियों के हैं।

सारणी संख्या ३१

मिट्टी में वायु के विशेष अवयव प्रतिशत परिमाण पर

	मिट्टी	आक्सीजन (Oxygen)		कार्बन डाइ आक्साइड Co_2	
		कम से कम	अधिक से अधिक	कम से कम	अधिक से अधिक
१.	जोती हुई मिट्टी जिसमें गोबर नहीं डाला गया	१८.	२०.	०.५.	०.९.
२.	मवेशी के चरने वाली मिट्टी,	१०,	२०.	.०५.	११.५.
३.	बिना खाद की मिट्टी	२०.४	२०.८.	०.०५.	०.३०.
४.	बलुहट मिट्टी, बिनाखाद की	२०.	२१.	०.०९.	०.९४.
५.	खाद वाली मिट्टी	१६.	२१.	०.४.	३.२.
६.	गोबर दी हुई मिट्टी	२०.	२२.	०.३.	३.३.

इससे पता चलता है कि गोबर के प्रयोग से मिट्टी की ऊपरी सतह में कीटाणुओं द्वारा कार्बन-डाई आक्साइड (CO_2) की मात्रा बढ़ जाती है। जब भी कोई कार्बनिक पदार्थ (Organicmatter) मिट्टी में मिलाया जाता है, मिट्टी में कीटाणुओं की संख्या बढ़ जाती है। कीटाणु अपने स्वाँस द्वारा कार्बन-डाई आक्साइड (CO_2) को बाहर फेंकते हैं। यही कारण है कि गोबर तथा अन्य कार्बनिक पदार्थ मिट्टी में मिलकर कार्बन-डाई-आक्साइड (CO_2) की मात्रा बढ़ा देते हैं। पेड़ों की जड़ें मिट्टी में स्थित ऑक्सिजन (Oxygen) को शोषित करती हैं और कार्बन-डाई ऑक्साइड (CO_2) को बाहर फेंकती हैं। यह क्रिया मिट्टी के अन्दर जड़ों में बराबर जारी रहती है। इस कारण मिट्टी में वायु की प्रधानता है। मिट्टी की वायु में कार्बन-डाई-ऑक्साइड और ऑक्सिजन का अनुपात ऐसा होना चाहिए कि जिससे पौधों को हानि न पहुँचे। जल की अधिकता रहने से मिट्टी में ऑक्सिजन की कमी हो जाती है जिसके कारण पौधों को हानि पहुँच सकती है। उष्ण प्रदेश की मिट्टियों में ऑक्सिजन (Oxygen) की उतनी ही आवश्यकता है जितनी शुष्क प्रदेश की मिट्टियों में जल की आवश्यकता है। वायु का संचालन मिट्टी के भीतरी भाग में होना आवश्यक है और यह तभी हो

सकता है जब मिट्टी के ऊपरी भाग से अनावश्यक जल का निष्कासन हो और सरन्ध्रता (Porosity) अधिक हो। कम-से-कम १०% सरन्ध्रता प्रतिशत होना आवश्यक है, इससे कम होने से मिट्टी में वायु का संचालन बन्द हो जाता है। भारी मिट्टी (Clay soil) अथवा केवाल मिट्टी में कभी-कभी देखा गया है कि सरन्ध्रता कम रहने पर भी पौधों को हानि नहीं होती। इसका कारण यह हो सकता है कि इस प्रकार की मिट्टियों में बड़ी-बड़ी दरारें फट जाती हैं और इनमें आक्सिजन मिला हुआ वर्षा का जल प्रवेश करता है और वह पौधों के लिए लाभदायक सिद्ध होता है।

ऐसी मिट्टी में जहाँ नीचे का जलस्रोत मिट्टी की सतह के बहुत नजदीक रहता है अथवा केवाल (Clay) मिट्टी में जिसमें जल अधिक रहता है, वायु की अक्सर कमी रहती है। भारी मिट्टियों में बलुहट तथा सिल्ट बालू मिट्टियों की अपेक्षा वायु कम रहती है। मिट्टी के प्रत्येक वर्ग मीटर में प्रत्येक दिन औसत १० से १२ ग्राम अथवा ५ से १० लिटर कार्बन-डाई-आक्साइड (CO_2) उत्पन्न होता है। कार्बन-डाई-ऑक्साइड (CO_2) जो मिट्टी में उत्पन्न होता है वह हवा में आसानी से पहुँच सकता है, क्योंकि मिट्टी में यह द्रव्य प्रतिशत वायु-मंडल की अपेक्षा कम मात्रा में है। यह भौतिक रसायन का नियम है कि जो पदार्थ घुलनशील ((Soluble) होते हुए भी अघुलित अवस्था में अधिक मात्रा में है वे अपने से कम मात्रावाले घोल में प्रवेश करेंगे। ऊपर का सिद्धान्त इसी बात पर निर्भर है।

वर्षा क़े द्वारा बहुंत अधिक मात्रा में शोषित ऑक्सिजन (Oxygen) मिट्टी को प्राप्त होती है। इससे पौधों का बड़ा उपकार होता है। रौथैमस्टेड (Rothamsted) की अनुसंधान शाला में इस विषय पर अनुसंधान किया गया है।

सारणी सं० ३२ में इस अनुसंधान के आँकड़े दिये गये हैं।

सारणी संख्या ३२

वर्षा द्वारा मिट्टी में ऑक्सिजन (Oxygen) की प्राप्ति

	औसत वर्षा २८ साल. तक.	प्राप्त ऑक्सिजन पाउन्ड प्रति एकड़
ग्रीष्मकाल	१३.३२.	२७.१२.
शीत काल	१५.५०.	३९.२७.

हम पहले लिख चुके हैं कि कार्बनिक पदार्थ के मिट्टी में मिलने से कार्बन-डाई ऑक्साइड (CO_2.) की मात्रा बढ़ जाती है। इस विषय को लेकर यह जानना अत्यन्त आवश्यक है कि कार्बन-डाई आक्साइड कार्बनिक पदार्थ तथा हरी खाद डालने के बाद कितना समय बीज रोपने के पहले छोड़ दिया जाय। कारण बीज के अंकुरित होने में कार्बन-डाई-आक्साइड से हानि पहुँचती है। यदि हरी खाद मिट्टी में डालने के बाद अति शीघ्र बीज रोपा जाय तो बीज के अंकुरित होने में देरी होगी। किन्तु यदि मिट्टी में कैलसियम (calcium) और सरन्ध्रता (porosity) अधिक है तब शीघ्र बीज रोपने में कोई हानि नहीं है। क्योंकि ऐसी अवस्था में कार्बन-डाई-ऑक्साइड फौस्फेट को घुलनशील बनाकर मिट्टी में पौधों के फौसफेट को भी ग्रहण करने की शक्ति को बढ़ा देगा। उष्ण प्रदेश में कार्बन-डाई-ऑक्साइड (Co_2) की मात्रा मिट्टी में बहुत अधिक हो जाती है और ऑक्सिजन (oxygen) की मात्रा बहुत कम। इसका कारण यह है कि उष्ण प्रदेश में सूर्य की किरणों द्वारा मिट्टी में रासायनिक क्रियाएँ अधिक होती हैं। इन क्रियाओं में ऑक्सिजन नामक गैस (Gas) कार्बनिक पदार्थों को ऑक्सीकरण द्वारा अकार्बनिक पदार्थों में परिवर्तित करती है जिससे कार्बन-डाई-ऑक्साइड की उत्पत्ति होती है।

साधारणतः मिट्टी में कार्बन-डाई-ऑक्साइड (CO_2) की मात्रा गहराई के साथ-साथ बढ़ती जाती है और आक्सीजन (oxygen) की मात्रा कम होती जाती है। यह अवस्था हमें वर्षा ऋतु में अधिकतर देखने को मिलती है। जिस मिट्टी पर पौधे नहीं उपजाये जाते, उसमें कार्बन-डाई-ऑक्साइड की मात्रा कम रहती है।

मिट्टी में वायु को हम तभी घटा-बढ़ा सकते हैं। जब उसकी सरन्ध्रता को घटा-बढ़ा सकें। यह क्रिया अति कठिन है और इसमें मिट्टी-विन्यास और मिट्टी-रचना को बदलने की आवश्यकता है।

चौथा परिच्छेद

मिट्टी में अकार्बनिक द्रव्य Inorgnic-matters और उनका पौधों पर प्रभाव

प्रथम परिच्छेद में मिट्टी रसायन का ऐतिहासिक वर्णन करते समय यह उल्लेख किया गया है कि वैज्ञानिकों ने यह बात पहले ही जान ली थी कि मिट्टी पर पौधों को उपजाने के लिए अकार्बनिक द्रव्य की आवश्यकता है। पहले-पहल "लीबिग" (Liebig) ने १८४० ई० में इस सिद्धान्त को वैज्ञानिक क्रियाओं द्वारा पूर्ण रूप से स्थापित किया। इस सिद्धान्त के अनुसार कोई भी पौधा अपनी वृद्धि के लिए केवल अकार्बनिक द्रव्यों पर निर्भर रह सकता है। आधुनिक विद्वानों के अनुसार ये अकार्बनिक द्रव्य विभिन्न प्रकार के रासायनिक यौगिक (compound) पदार्थ हैं। इनमें नाइट्रोजन, फौस्फेट और पोटाशियम से बने हुए रासायनिक यौगिक पदार्थ प्रधान माने जाते हैं। इसके अतिरिक्त मैगनीशियम, कैलसियम, लौह, अल्यूमिनियम, सिलिका, सल्फेट, क्लोराइड (chloride) आक्सीजन युक्त द्रव्यों का भी विशेष स्थान है। इनमें प्रत्येक एक दूसरे से सम्बन्ध रखता है और अपने-अपने गुण तथा क्रियाओं द्वारा पौधों की वृद्धि में और उनके अवयवों में रासायनिक क्रियाओं द्वारा सहायता पहुँचाता है। प्रत्येक का कार्य भिन्न-भिन्न होने पर भी एक दूसरे के साथ इस तरह सम्बन्धित है कि किसी एक की अनुपस्थिति में सभी द्रव्यों के रहते हुए भी पौधे यथोचित उन्नति नहीं कर सकते। लीबिग ने इस सिद्धान्त को बड़े ही उत्तम रूप से दरशाया है। इस सिद्धान्त का नाम उन्होंने "Law of the "Minimum" अर्थात् "न्यूनतम का सिद्धान्त" रखा था। इनमें से जो भी द्रव्य मिट्टी में अनुपस्थित रहते हैं, अथवा कम मात्रा में रहते हैं, वे पौधों की उन्नति में अवरोध का कारण बन जाते हैं। ऐसे द्रव्य को "Limiting factor" कहते हैं। इस परिच्छेद के अन्त में पौधों से इन द्रव्यों का सम्बन्ध गणित द्वारा बतलाने की चेष्टा करते समय इस विषय पर विशेष प्रकाश डाला गया है।

नाइट्रोजन

इस तत्त्व से बने हुए पदार्थ का मिट्टी में रहना पौधों के लिए अत्यन्त आवश्यक है। यह तत्व पौधों की जड़ों द्वारा मिट्टी से अमोनियम (Ammonium) तथा नाइट्रेट (Nitrate) की अवस्था में शोषित होता है। परन्तु नाइट्रेट पौधों में अमोनियम नामक द्रव्य में परिर्वतित हो जाता है। पेड़ों के पत्तों में अमोनियम द्रव्य, सूर्य की किरण द्वारा बने हुए शर्करा (Carbohydrate) के साथ मिलकर प्रोटीन की उत्पत्ति करता है। प्रोटीन ही पौधों का जीवन तत्त्व है। प्रोटीन द्वारा प्रोटोप्लाज़्म (Proto-plasm) की उत्पत्ति होती है, जो जीव-कोशा (Living cell) का एक प्रधान अंश है और जिसकी अनुपस्थिति में पौधे जीवित नहीं रह सकते।

नाइट्रोजन से पौधों की पत्तियाँ बढ़ती हैं, कारण नाइट्रोजन प्रोटीन उत्पादक तत्त्व है। नाइट्रोजन से पौधों की जलधारण शक्ति बढ़ जाती है तथा पौधों द्वारा कैलसियम शोषण की शक्ति कम हो जाती है। अधिक नाइट्रोजन के व्यवहार से तथा मिट्टी में अधिक नाइट्रोजन होने के कारण पौधों की पत्तियों की कोशा-भित्ति पतली हो जाती है और इस कारण पत्तियों में कीड़े तथा फफूँदी (Fungus) लग जाती है। नाइट्रोजन कम होने से पत्तियों की कोशाएँ छोटी होती हैं और उनकी वृद्धि कम होती है। नाइट्रोजन द्रव्य के अधिक शोषण से पौधों की पत्तियों का रंग अधिक हरा हो जाता है। पौधों में हरा रंग क्लोरोफिल (Chlorophyll, पर्णहरिम) नामक कार्बनिक द्रव्य द्वारा होता है। इस द्रव्य के बनने में नाइट्रोजन की आवश्यकता होती है।

नाइट्रोजन से कृषि सम्बन्धी पौधों के भूसा और पुआल में वृद्धि होती है। कुछ हद तक फल और गन्ने के वजन में भी वृद्धि होती है, किन्तु अधिक नाइट्रोजन होने से इस उत्पादन में हानि होने की संभावना है।

सारणी सं० ३३ में हम नाइट्रोजन युक्त खाद का प्रभाव गल्ला और भूसा के उत्पादन पर बतलाते हैं।

ऊपर के आँकड़ों से यह सिद्ध होता है कि ज्यों-ज्यों नाइट्रोजन मिट्टी में अधिक पड़ता गया, त्यों-त्यों पुआल के वजन में वृद्धि होती गयी। गल्ले के वजन में भी वृद्धि हुई, किन्तु वृद्धि की मात्रा पुआल में अधिक है।

नाइट्रोजन पौधों की पत्तियों को बढ़ाता है। पत्तियों के क्षेत्रफल के बढ़ने से जल का उत्स्वेदन बढ़ जाता है। इससे यह सिद्ध होता है कि जहाँ भी मिट्टी में नाइट्रोजन की मात्रा अधिक होगी, जल की आवश्यकता पौधों के लिए बढ़ जायगी। मिट्टी में खाद के रूप में अधिक नाइट्रोजन देते समय यह ध्यान रखना चाहिए कि मिट्टी की सिंचाई

आवश्यक है। यदि ऐसा न किया जाय तो पौधे नष्ट हो जायेंगे। नाइट्रोजन के उपयोग द्वारा पत्तियों के अधिक बढ़ने से, पौधों की पूर्ण वृद्धि का समय बढ़ जाता है। इसको पूर्ण वृद्धि-अवरोध (Delayed Matuirty) कहते हैं।

सारणी सं० ३२

नाइट्रोजन (Nitrogen) का गल्ला और भूसे पर प्रभाव

नाइट्रोजन (Nitrogen) युक्त खाद, पाउन्ड प्रति एकड़	गेहूँ के पुआल और दाने की उत्पत्ति, १००० पाउन्ड के गुणक में	
	दाना का वजन	पुआल का वजन
कुछ नहीं	१.०६	१.८६
४३	१.६८	३.०३
८६	२.१८	४.२८
१२९	२.२७	४.७८
१७२	२.२९	५.२२

ऊपर लिखी अधिक नाइट्रोजन द्वारा हानि को हम कुछ हद तक फौसफेट और पोटाशियम के प्रयोग से कम कर सकते हैं।

पौधे प्रायः सम्पूर्ण नाइट्रोजन अपने वृद्धि-काल के प्रथम चरण में ही ले लेते हैं। यही कारण है कि छोटे-छोटे पौधों में नाइट्रोजन की मात्रा प्रतिशत शुष्क पदार्थ पर अधिक होती है। नाइट्रोजन के अधिक रहने से प्रोटीन भी उनमें अधिक बनते हैं। जैसे-जैसे पौधे बढ़ने लगते हैं, उनमें बीज और फल आने लगते हैं और नाइट्रोजन बीज और फल में जमा होने लगती हैं।

सरसों के पेड़ पर नाइट्रोजन खाद का प्रयोग चित्र ४३ में दिखलाया गया है।

चित्र से स्पष्ट ज्ञात हो जायगा कि नाइट्रोजन के प्रयोग से पौधों में शुष्क पदार्थ तथा पूर्ण नाइट्रोजन खाद की मात्रा जैसे-जैसे बढ़ती है, वैसे-वैसे बढ़ते जाते हैं।

नाइट्रोजन खाद का प्रयोग गेहूँ पर भी हुआ है और इससे पेड़ की ऊँचाई और उत्पादन में वृद्धि हुई है। चित्र सं० ४४ में यह स्पष्ट दिखलाया गया है।

ये मिट्टी में पाये जाते हैं और पौधों के लिए उपयोगी हैं नाइट्रोजन के विभिन्न प्रकार :—

(१) **नाइट्रोजन गैस**—नाइट्रोजन गैस वायु में ८०% प्रतिशत रहती है। यह तत्व वायु में किसी भी अन्य तत्व के साथ रासायनिक यौगिक पदार्थ के रूप में नहीं रहता। यह गणित द्वारा सिद्ध किया गया है कि प्रत्येक वर्गमील मिट्टी की सतह के ऊपर दो करोड़ (२०,०००,०००) टन नाइट्रोजन गैस वायु में वर्त्तमान है।

दुर्भाग्यवश कृषकों द्वारा उपजाये गये पौधे नाइट्रोजन को गैस के रूप में नहीं ले सकते। इसके विपरीत पौधे कार्बन-डाई-ऑक्साइड (Co_2) को हवा से ले लेते हैं।

मिट्टी में कुछ कीटाणु रहते हैं, जो वायु से नाइट्रोजन लेकर अत्यन्त जटिल प्रकार का प्रोटीन बनाते हैं। इनका उल्लेख मिट्टी के कीटाणुओं का वर्णन करते समय किया जायगा। यहाँ संक्षेप में इनके विषय में कुछ बतलाया जाता है।

चित्र ४३—**सरसों पर नाइट्रोजन के प्रयोग का प्रभाव**

नाइट्रोजन शोषण करने वाले कीटाणु दो प्रकार के हैं। एक, जिनका खाद द्रव्य बहुत साधारण है। दूसरे, वे जो अपने जीवन-पोषण के लिए अत्यन्त जटिल खाद द्रव्य पर निर्भर होते हैं। इनमें से एक प्रकार के कीटाणु जड़ों में घुसकर एक प्रकार का गुल्म (Nodule) बनाते हैं। नाइट्रोजन गैस पानी में विलेय है। एक लिटर जल में १३.५ घन से० मी० नाइट्रोजन विलय होता है। मिट्टी में स्थित जल नाइट्रोजन गैस को पूर्ण रूप से विलय करता है और जैसे-जैसे जल मिट्टी में एक स्थान से दूसरे स्थान पर जाता है, वैसे-वैसे जड़ों में स्थित कीटाणु जल से नाइट्रोजन को लेते हैं और प्रोटीन नामक

खेत न॰	२	३	५	६	७	८	१६
वार्षिक खाद प्रयोग	F.Y.M	खाद नहीं	P.K.	P.K ४५ पौ॰ N	P.K. ५० पौ॰ N	P.K १३५ पौ॰ N	P.K ५० पौ॰ N

चित्र ४४—गेहूँ पर नाइट्रोजन के प्रयोग का प्रभाव

जटिल यौगिक पदार्थ का निर्माण करते हैं। कुछ पौधे ऐसे भी हैं जो नाइट्रोजन गैस को अपनी पत्तियों द्वारा सोख लेते हैं, किन्तु इनकी शोषण मात्रा अत्यन्त कम है।

(२) **प्रोटीन**—कृषि-क्षेत्र की प्रत्येक मिट्टी में तथा अन्य मिट्टियों में भी प्रोटीन की मात्रा यद्यपि कम रहती है, फिर भी ये पौधों के लिए अत्यन्त आवश्यक माने जाते हैं, क्योंकि इनमें नाइट्रोजन की मात्रा अधिक होती है। प्रोटीन मिट्टी में ह्यूमस के रूप में पाये जाते हैं तथा अन्य यौगिक कार्बनिक पदार्थों में भी वर्त्तमान रहते हैं। खेतों में पौधों के सड़ने से अथवा कार्बनिक खाद डालने से इनकी उत्पत्ति होती है। गोबर की खाद, हरी खाद, तथा कसाईखाने के रक्त इत्यादि जब मिट्टी में मिलाये जाते हैं तब जल द्वारा रासायनिक क्रियाएँ इनमें होतीं हैं और प्रोटीन की उत्पत्ति इनमें होती है। प्रोटीन जल में विलेय नहीं है और इस कारण से यह पौधों द्वारा ऐसी अवस्था में प्राप्त नहीं हो सकता। ये मिट्टी में नाइट्रोजन के भंडार है। इस भंडार से कीटाणु शनैः शनैः रासायनिक क्रियाओं द्वारा साधारण पदार्थों का उत्पादन करते हैं; जो पौधों की जड़ों द्वारा सुगमता से शोषित हो सकते हैं।

(३) **अमोनिया युक्त यौगिक पदार्थ** (Ammonium Compounds):—मिट्टी में रासायनिक क्रिया और कीटाणुओं द्वारा प्रेरित क्रियाओं से प्रोटीन का विश्लेषण होता है। इस विश्लेषण क्रिया में अमोनिया गैस निकलती है जो पानी में अत्यन्त विलेय है। मिट्टी में कार्बनिक अम्ल तथा अन्य अम्ल के साथ अमोनिया के योग होने से लवण की उत्पत्ति होती है। ये लवण नाइट्रोजन की प्राप्ति के लिए पौधों के खाद हैं। अमोनिया लवण पानी में अत्यन्त विलेय हैं तथा सुगमतापूर्वक प्राप्य हैं। कुछ कीटाणु मिट्टी में अमोनिया युक्त यौगिक पदार्थों का नाइट्रेट में परिवर्त्तन कर देते हैं।

(४) **नाइट्रेट**—जब कीटाणु मिट्टी में स्थित कार्बनिक यौगिक पदार्थों के ऊपर अपनी क्रियाएँ आरम्भ करते हैं तब अन्त में नाइट्रेट नामक नाइट्रोजन और ऑक्सीजन युक्त रासायनिक द्रव्य की उत्पत्ति होती है। वैसे तो सभी तत्वों के नाइट्रेट जल में अत्यन्त विलेय है परन्तु सोड़ियम और पोटाशियम नाइट्रेट अत्यन्त विलेय हैं और खाद के काम में लाये जाते हैं। पौधे अधिकतर जड़ों से नाइट्रेट का शोषण करते हैं। धान की जड़ें अधिकतर नाइट्रोजन की प्राप्ति अमोनिया के शोषण द्वारा करती हैं, किन्तु गेहूँ की जड़ें अमोनिया और नाइट्रेट दोनों ही रासायनिक द्रव्यों से—नाइट्रोजन लेती हैं। पौधे अपनी जड़ों द्वारा अधिकतर नाइट्रेट आयन (Ion) का शोषण करते हैं। किसी-किसी अवस्था में जब अमोनिया का यौगिक द्रव्य नाइट्रेट के रूप में परि-

वर्तित नहीं होता, तब इस द्रव्य से प्राप्त अमोनिया आयन का शोषण जड़ों द्वारा होता है। पौधों को जलाकर राख करने पर नाइट्रोजन युक्त कार्बनिक द्रव्य का नाश हो जाता है, किन्तु उसमें भिन्न प्रकार के अकार्बनिक द्रव्य रह जाते हैं। पृ० १५८ की सारणी सं० ३३ में विभिन्न प्रकार के पौधों में जो कृषकों द्वारा उपजाये जाते हैं, प्रतिशत अकार्बनिक द्रव्य की मात्रा दिखलायी गयी है।

आँकड़ों से स्पष्ट है कि बीज में, भूसा तथा डंठल की अपेक्षा, नाइट्रोजन और फौस्फेट अधिक हैं। किन्तु इसके ठीक विपरीत भूसा में पोटाश और कैलशियम की मात्रा अधिक है।

इन अकार्बनिक द्रव्यों की व्याख्या नीचे विस्तारपूर्वक दी जाती है।

फौस्फेट—

यह द्रव्य अधिकतर मिट्टी में कैलसियम फौस्फेट ($Ca_3 Po_4$) के रूप में रहता है और प्रायः जल में अविलेय है। पौधों द्वारा इस तत्त्व की ग्राह्यता मिट्टी की अम्लता पर निर्भर है। यदि मिट्टी की अम्लता अधिक है तब मिट्टी में स्थित लौह और अल्युमुनियम इस द्रव्य को पौधों की जड़ों द्वारा शोषित होने में बाधक होते हैं, लौह और अल्यूमुनियम, फौस्फेट को अविलेय बना देते हैं। इस अवस्था में यह पौधों की जड़ों द्वारा ग्रहण नहीं किया जा सकता। यदि मिट्टी की अम्लता कम हुई तब यह तत्त्व कैलसियम द्वारा अविलेय बना दिया जाता है और पौधों के लिए निरर्थक होता है। फौस्फोरस पौधों में न्यूक्लियो (Neucluo) प्रोटीन नामक द्रव्य बनने में सहायता पहुँचाता है। यह द्रव्य पौधों की कोशा में रहता है। नाइट्रोजन की तरह फौस्फोरस भी पौधों की वृद्धि के प्रथम चरण में जड़ों द्वारा फौसफेट आयन (Phosphate-ion) के रूप में शोषित होता है। जैसे-जैसे पौधों की वृद्धि होती जाती है वैसे-वैसे फौस्फोरस भी फूल और बीज में जमा होता जाता है। यही कारण है कि सभी बीजों में फौस्फोरस अधिक रहता है। फौसफोरस फल और बीज बनने में सहायता पहुँचाता है जिससे पेड़ों में फल और बीज बहुत जल्द आ जाते हैं। यह पौधों और फलों में पूर्ण वृद्धि कम समय में ला देता है। इसका अर्थ यह है कि पौधों के अंकुरित होने से लेकर पूर्ण वृद्धि तक जो समय लगता है वह कम कर देता है। फौसफोरस का यह लक्षण नाइट्रोजन के लक्षण से विरुद्ध है। यही कारण है कि जहाँ भी नाइट्रोजन युक्त खाद मिट्टी में दी जाय वहाँ फौस्फोरस की आवश्यकता पड़ती है। फल वाले वृक्षों में और अन्य पौधों में जहाँ फल अधिक नहीं लगता और सिर्फ पत्तियाँ ही अधिक फैलने लगती हैं, वहाँ फौस्फेट युक्त खाद देने

सारणी संख्या ३३

पौधों में खनिज द्रव्य प्रतिशत

पौधे	नाइट्रोजन (N)	राख (Ash)	फौस्फेट P_2O_5	गंधक SO_3	पोटाश K_2O	चूना CaO	मैगनीशीयम MgO
गेहूँ का बीज	१.६०.	१.७३.	०.८५.	०.२८.	०.५०.	०.०७.	०.१५.
जौ का बीज	१.८०.	२.८८.	०.८५.	०.३२.	०.५०.	०.१६.	०.१९.
मक्का का बीज	१.६०.	१.२३.	०.५७.	०.२७.	०.३७.	०.०३.	०.१९.
गेहूँ का भूसा	०.४५.	४.८६.	०.२०.	...	०.९०.	०.२८.	०.११.
जौ का भूसा	०.६५.	६.४५.	०.३५.	..	१.६०.	०.३८.	०.१२.
मक्का का डंठल	०.७५.	४.३७.	०.३०.	..	१.६४.	०.४९.	०.२६.
मटर का बीज	३.६५.	२.६३.	१.००.	०.५०.	१.२५.	०.०९.	०.१३.
मटर का भूसा	१.४०.	३.९१.	०.३५.	..	०.५०.	१.८२.	०.२७.
आलू	०.३२.	०.९७.	०.१४.	०.०६.	०.६०.	०.०३.	०.०६.

से फल और बीज अधिक उत्पन्न होते हैं। फौस्फेट के प्रयोग से मिट्टी में पौधों की जड़ें बहुत अधिक फैलती हैं, कारण फौस्फेट कोशा वृद्धि में सहायता पहुँचाता है। फौस्फेट की इस क्रिया से खेती में बहुत लाभ पहुँचता है। उन खेतों में जहाँ पानी की कमी है, जड़ों के फैलने से पौधों को पानी अधिक मिलने लगता है। चिकनी मिट्टी में जो भारी मिट्टी कहलाती है, जड़ें बहुत नहीं फैलतीं। यहाँ भी फौस्फेट जड़ के फैलने में सहायता पहुँचाता है।

मिट्टी में फौस्फेट के न होने से पौधों में फौस्फेट की कमी हो जाती है। मनुष्य और मवेशियों का जीवन पौधों के पौष्टिक द्रव्यों पर निर्भर है। इन प्राणियों के लिए फौस्फेट एक अत्यन्त पौष्टिक द्रव्य है। इस प्रकार मिट्टी और पौधों में फौस्फेट की कमी होने से मनुष्य और मवेशियों के स्वास्थ्य पर बुरा प्रभाव पड़ता है।

फौस्फेट की कमी को जानने के लिए हमें मिट्टी और पौधों की विश्लेषण–क्रिया की शरण लेनी पड़ती है। भारतवर्ष की मिट्टी में नाइट्रोजन और फौस्फेट दोनों ही द्रव्यों की कमी है।

पोटाशियम—

पौधों के पत्तों और बीज में पोटाशियम की मात्रा अधिक रहती है। यह तत्त्व पौधों के लिए अत्यन्त आवश्यक है। पौधों के पत्तों में रासायनिक क्रियाएँ अत्यन्त तीव्र गति से हुआ करती हैं और इन रासायनिक क्रियाओं के सफल होने में पोटाशियम का स्थान आवश्यक है। कम आयु के पत्तों में पोटाशियम ज्यादा रहता है। जैसे-जैसे पत्तों की उम्र बढ़ती जाती है, पोटाशियम कम और कैलशियम ज्यादा होता जाता है। पोटाशियम युक्त द्रव्य जो पौधों में पाये जाते हैं जल में विलेय हैं। इस कारण जल द्वारा पत्तों से पोटाशियम निकाला जा सकता है। पौधों में पोटाशियम का क्या कर्त्तव्य है इसका पता चलाना अति कठिन है। पोटाशियम से प्रोटोप्लाज़्म (Protoplasm) की भौतिक अवस्था में उन्नति होती है और उनमें श्लेषीय अविरोध (Gelatinous-consistency) आ जाता है। पोटाशियम से पत्ते स्वस्थ होते हैं। पोटाशियम के रहने से पत्तियों में शर्करा (Carbohydrate) और प्रोटीन (Protein) अधिक उत्पन्न होते हैं।

जिस मिट्टी में पोटाशियम अधिक रहता है उस पर उपजनेवाले पौधे यथेष्ट जल न रहने के कारण सूखते नहीं। इससे यह पता चलता है कि इन पौधों की पत्तियाँ जल उत्स्वेदन (Transpiration) क्रिया द्वारा अधिक जल वाष्प के रूप

में पृथक् नहीं करतीं। इसका यह अर्थ हुआ कि मिट्टी में पोटाश के रहने से पौधे जल लेने में मितव्ययिता का परिचय देते हैं। पोटाश अधिक होने से प्रोटोप्लाज़्म जो एक कलिल (Colloid) की अवस्था में पौधों की कोशाओं में रहता है, जल को सुगमता के साथ पृथक् नहीं कर सकता। यही कारण है कि जल पौधों में रह जाता है और इनको जल की आवश्यकता अधिक नहीं होती।

मिट्टी में पोटाश निम्नलिखित चार अवस्थाओं में पाया जाता है।

(१) **अविलेय खनिज पोटाश**—ये पोटाश खनिजों में पाये जाते हैं और ये पौधों को सुगमता से प्राप्त नहीं हो सकते। क्वार्टज, फेलस्पार और अबरख इत्यादि खनिजों में, पोटाश अधिक मात्रा में पाया जाता है।

(२) **वे पोटाश जो विनिमय योग्य नहीं हैं**—मिट्टी में जो अकार्बनिक कोलायड् (Inorganic-colloids) वर्तमान हैं, उनमें इस प्रकार के पोटाश पाये जाते हैं। किसी-किसी अवस्था में ये विनिमय योग्य (Exchangeable) हो जाते हैं और पौधों की जड़ों द्वारा शोषित हो सकते हैं। किन्तु प्रायः ये पौधों को उपलब्ध नहीं हो सकते।

(३) **विनिमय योग्य पोटाश**—मिट्टी के कोलायडस् के ऊपर इनका स्थान है। ये विद्युत शक्ति द्वारा कोलाएड से सम्बन्धित रहते हैं। ये शीघ्र ही पौधों की जड़ों के लिए प्राप्त हो सकते हैं।

(४) **विलेय पोटाश**—ये पोटाश जल में घोल के रूप में रहते हैं और पौधों की जड़ों के लिए सुगमतापूर्वक प्राप्त हो सकते हैं।

कैलसियम

कैलसियम पौधों के लिए अत्यन्त आवश्यक है। जिस प्रकार पोटाशियम क्रियाशील रहता है, ठीक उसी प्रकार यह भी पौधों की पत्तियों में सक्रिय रूप में वर्तमान रहता है। बीज में कैलसियम की मात्रा अत्यन्त कम है। इसलिए बीज के अंकुरित होते समय से ही पौधे कैलसियम की आवश्यकता अनुभव करने लगते हैं। मिट्टी में कैलसियम यथेष्ट मात्रा में वर्तमान है। किसी-किसी मिट्टी में जब कैलसियम की मात्रा कम रहती है, तब उसमें अम्लता अधिक हो जाती है। कैलसियम के रहने से मिट्टी की अम्लता कम हो जाती है और क्षारीयता (Alkalinity) बढ़ जाती है। खाद के रूप में कैलसियम यौगिक फौस्फेट के रूप में व्यवहार किया जाता है। जब कैलसियम की अधिक कमी होती है तब खेतों में चूना का प्रयोग करते हैं।

पौधों में कैलसियम का क्या कार्य है, इसकी जानकारी बहुत कम है। यह अनुमान किया जाता है कि कैलसियम से पौधों की जड़ें मजबूत होती हैं। यह सिद्धान्त स्थापित किया गया है कि जिस मिट्टी में सोडियम, पोटाश और मैगनीसियम अधिक हों और इस कारण से पौधों को हानि पहुँचती हो, तब कैलसियम के प्रयोग से सफलता हो सकती है। कैलसियम मिट्टी में विभिन्न प्रकार के यौगिक और खनिज पदार्थों में रहता है, जिसकी चर्चा नीचे की जाती है।

(१) **कैलसाईट** (Calcite—$CaCO_3$)

यह एक खनिज है, जो उजले रंग का होता है। पानी में कम विलेय है; कोमल है और छूरी से इसके ऊपर चिन्ह पड़ सकता है।

(२) **डौलोमाइट** (Dolomite—$CaMg.(CO_3)_2$

यह खनिज सफेद रंग का होता है और जल में कम विलेय है। इसमें मैगनी-सियम की मात्रा भी रहती है।

(३) **जिप्सम** (Gypsum—$CaSO_4\ 2H_2O$)

यह खनिज सफेद रंग का होता है और पानी में अत्यन्त विलेय है।

(४) **ऐपेटाइट** (Apatite—$3Ca_3\ (PO_4)_2\ CaO$ और $3Ca_3\ (PO_4)_2$ $Ca(F_2Cl_2)$

यह खनिज दो प्रकार का होता है। एक औक्सी ऐपेटाइट (Oxy-apatite) जो कैलसियम औक्साइड और कैलसियम फौसफेट का यौगिक पदार्थ है और दूसरा फ्लोर ऐपेटाइट (Flour-apatite) जो कैलसियम फ्लोराइड और कैलसियम फौसफेट का यौगिक पदार्थ है। पहला यौगिक पदार्थ जल में कम विलेय (Soluble) है और दूसरा जल में कुछ भी विलेय नहीं है।

पौधों की जड़ें कैलसियम सल्फेट और कैलसियम कार्बोनेट नामक पदार्थों से पौधों के पोषण के लिए कैलसियम सुगमतापूर्वक पा लेती हैं।

मैगनीसियम

मैगनीसियम भी पौधों के लिए आवश्यक खनिज द्रव्य है। यह पौधों के क्लोरो-फिल नामक हरे रंग में पाया जाता है। क्लोरिफिल का प्रधान अंग होने के कारण यह वायु से कार्बन-डाई-ऑक्साइड लेकर पत्तों द्वारा शर्करा के निर्माण में सहायता पहुँचाता है। पौधे मिट्टी में इस खनिज के न रहने के कारण पीले पड़ जाते हैं। यह खनिज मिट्टी के डोलोमाइट में पाया जाता है।

लौह—

यह द्रव्य पौधों लिए अत्यन्त आवश्यक है । पौधे इसको अत्यन्त कम मात्रा में लेते हैं। यह भी क्लोरोफिल के बनने में सहायता पहुँचाता है। मिट्टी में इसकी कमी होने के कारण पौधे पीले पड़ जाते हैं। मिट्टी में जहाँ कैलसियम की अधिकता होती है, वहाँ लौह अविलेय हो जाने के कारण पौधों को प्राप्त नहीं हो सकता। गन्धक अथवा कूड़ा-कर्कट की खाद, गोबर इत्यादि मिट्टी में देने से यह द्रव्य पौधों के लिए प्राप्त हो जाता है। मिट्टी में अम्लता के बढ़ने से यह अधिक विलेय हो जाता है और पौधों के लिए प्राप्य हो जाता है।

गंधक—

प्रोटीन का एक महत्त्वपूर्ण भाग होने के कारण गंधक पौधों के लिए अत्यन्त आवश्यक है। प्रोटीन में ०.०१७ से लेकर १.०९ प्रतिशत गन्धक रहता है। जिन पौधों में प्रोटीन अधिक रहता है, उनके लिए अधिक गंधक की आवश्यकता होती है। पौधे मिट्टी से सल्फेट की अवस्था में गंधक प्राप्त करते हैं। सल्फेट पानी में विलेय है। इसी कारण से उन प्रदेशों में, जहाँ वर्षा अधिक होती है, मिट्टी में गंधक की कमी रहती है।

कार्बन—

पौधों के लिए यह द्रव्य अत्यन्त आवश्यक है। इससे शर्करा का निर्माण होता है। किन्तु यह अधिकतर पौधों को वायु द्वारा प्राप्त होता है। एक विशेष क्रिया द्वारा पौधों के पत्ते वायु से कार्बन-डाई ऑक्साइड (CO_2) प्राप्त करते हैं। मिट्टी में यह कार्बोनेट के रूप में पौधों को प्राप्त होता है। यह पौधों का एक विशेष अंग है और पौधों में स्थित तत्त्वों में सब से अधिक मात्रा इसी की है।

हाइड्रोजन—

यह तत्त्व पौधों के लिए अत्यन्त आवश्यक है। शर्करा के निर्माण में यह सहायता पहुँचाता है। यह जल से प्राप्त होता है। पौधे अपनी जड़ों द्वारा इसका शोषण करते हैं। पौधों की पत्तियों में जल हाईड्रोजन और ऑक्सीजन दो तत्त्वों में, जिनसे यह बना रहता है, पृथक हो जाता है। हाइड्रोजन कार्बन-डाई-आक्साइड के साथ मिलकर विभिन्न रासायनिक क्रियाओं द्वारा शर्करा का निर्माण करता है। पौधों की पत्तियों द्वारा भी जल शोषित होता है और कुछ मात्रा में हाइड्रोजन इस क्रिया द्वारा पौधों को प्राप्त हो सकता है।

ऑक्सिजन--

पौधों की जड़ें, मिट्टी में स्थित वायु अथवा जल द्वारा ऑक्सिजन नामक गैस प्राप्त करती हैं। यह तत्त्व पौधों में स्थित विभिन्न रासायनिक द्रव्यों के साथ मिलकर उनके निर्माण और उनकी वृद्धि में सहायता पहुँचाता है।

ऊपर मिट्टी में स्थित दस प्रधान तत्त्वों की व्याख्या दी गयी है। नीचे कुछ ऐसे तत्त्वों का भी उल्लेख किया जाता है जो आवश्यक हैं और थोड़ी मात्रा में पौधों द्वारा लिये जाते हैं।

सोडियम--

यह क्षारीय तत्त्व मिट्टी में विभिन्न रासायनिक यौगिक पदार्थों के साथ रहता है। इसकी अधिकता होने से पौधों को हानि पहुँचती है। यह पौधों के लिए कोई आवश्यक तत्त्व नहीं है। फिर भी कुछ पौधे, मिट्टी से इस तत्त्व का जड़ द्वारा शोषण करते हैं। ऐसी अवस्था में यह ज्ञात होता है कि इन पौधों में सोडियम वही कार्य करता है जो पोटाशियम कर सकता है। सोडियम की प्राप्ति की मात्रा के आधार पर पौधों को चार भागों में बाँटा जा सकता है। कुछ ऐसे पौधे हैं, जो मिट्टी में सोडियम अधिक रहने पर बढ़ सकते हैं। कुछ ऐसे हैं जो कम मात्रा में सोडियम का शोषण करते हैं। नीचे की सारणी में हम यही तथ्य बतलाने का प्रयत्न करते हैं।

मिट्टी में सोडियम विभिन्न प्रकार के रासायनिक-यौगिक पदार्थों में मिला रहता है जैसे सोडियम कार्बोनेट ($Na_2 Ca_3$), सोडियम सल्फेट ($Na_2 SO_4$) सोडियम क्लोराइड ($NaCl$) इत्यादि।

सोडियम मिट्टी के कलिल में शोषित अवस्था में पाया जाता है। इन दोनों अवस्थाओं में मिट्टी में सोडियम का रहना हानिकारक है। जिस मिट्टी को हम ऊसर कहते हैं अथवा कहीं-कहीं खार या कराल के नाम से पुकारते हैं वह सोडियम नामक तत्त्व के रहने के कारण अनुपयोगी होती है।

सिलिका--

अभी तक इसका पता नहीं चला है कि पौधों के लिए इस तत्त्व का मिट्टी में रहना किस प्रकार लाभदायक है। वैज्ञानिकों का यह पहले विश्वास था कि सिलिका पौधों के डंठल को शक्तिशाली बनाता है, किन्तु यह विश्वास अधिक दिन तक टिकाऊ नहीं रह सका। मिट्टी में सिलिका के प्रयोग से पौधों के डंठल पर कोई प्रभाव

नहीं पड़ा। किन्तु यह विश्वास किया जाता है कि सिलिका (Silica) की उपस्थिति में पौधे मिट्टी से फौसफेट अधिक मात्रा में लेते हैं।

सारणी संख्या ३४

सोडियम का पौधों पर प्रभाव

पोटाशियम के न रहने पर, लाभ की मात्रा		पोटाशियम के रहने पर, लाभ की मात्रा	
न्यून लाभ	थोड़ा अधिक लाभ	थोड़ा अधिक लाभ	अधिक लाभ
मक्का	जौ	गोभी	चुकन्दर
आलू	गाजर	बन्धा गोभी	शलजम
राई	कपास	सरसों	
पालक	बाजरा	मूली	
सेम	ज्वार		
	मटर		
	टमाटर		
	गेहूँ		

क्लोराइड

पौधे मिट्टी से क्लोरीन (Chlorine) नामक तत्त्व को जड़ द्वारा शोषित करते हैं, किन्तु इस बात का यथेष्ट ज्ञान नहीं है कि यह पौधों में कौन सी क्रिया के लिए लाभदायिक होता है। ज्ञात हुआ है कि मिट्टी में इसकी कमी रहने से पौधों पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता। कुछ पौधे क्लोराइड अधिक चाहते हैं, जैसे:—जौ और तम्बाकू। वैज्ञानिकों ने इस पर अनुसंधान करके यह पता चलाया है कि क्लोराइड के प्रयोग से तम्बाकू के पत्ते बहुत बड़े हो जाते हैं और मोटे भी हैं। क्लोराइड पौधों की कोशा में आसृतिनिपीड (Osmotic Pressure) सामान्य और

नियमित रूप से रखता है। वर्षा के जल में क्लोराइड वर्त्तमान रहता है। इस भांति वर्षा पौधों और मिट्टियों पर पड़ कर उपयोगी सिद्ध होती है। समुद्र के जल में क्लोराइड बहुत रहता है। इंग्लैंड में प्रतिवर्ष प्रति एकड़ १६ पौण्ड क्लोराइड वर्षा द्वारा मिट्टी पर आता है।

पाँचवाँ परिच्छेद

मिट्टी में स्थित न्यून द्रव्य (Trace-elements) और उनका पौधों पर प्रभाव

पूर्व्व परिच्छेद में उल्लिखित तत्त्व मिट्टी से अधिक मात्रा में पौधों द्वारा शोषित होते हैं, इसलिए इन्हें मुख्य तत्त्व कहते हैं। इनमें नाइट्रोजन, फौसफोरस और पोटाशियम का स्थान अत्यन्त महत्त्वपूर्ण है, इसलिए इन्हें प्रधान तत्त्व कहते हैं।

मिट्टी में कुछ ऐसे तत्त्व भी हैं जो अत्यन्त कम मात्रा में पौधों द्वारा शोषित होते हैं। उदाहरण स्वरूप आप जौ को ले लें। जहाँ यह पौधा प्रति एकड़ भूमि से सात पौंड फौसफोरस अपने पूर्ण जीवन काल में शोषित करता है, वहाँ यही पौधा १/४ औन्स ताम्र, १/२ औन्स जस्ता ७ औन्स मैंगनीज प्राप्त करता है। ये सब तत्त्व जो औन्स में शोषित होते हैं, गौण तत्त्व (Minor elements) कहलाते हैं।

मिट्टी में एक-दो अथवा सभी तत्त्वों की कमी से पौधे पीले पड़ जाते हैं, ठिगने हो जाते, जल जाते हैं अथवा उनकी पत्तियों पर कई प्रकार के धब्बे पड़ जाते हैं। कभी-कभी तो पहचान पत्तों के देखने से हो जाती है कि अमुक तत्त्व की कमी के कारण यह अवस्था हो गयी किन्तु कभी-कभी यह अत्यन्त कठिन होता है और इसे जानने के लिए रासायनिक विश्लेषण की आवश्यकता होती है। पत्तों के विश्लेषण से अथवा पौधों के अन्य भागों तथा मिट्टी के विश्लेषण द्वारा यह जाना जा सकता है कि मिट्टी में किस तत्त्व की कमी से पौधे रुग्ण जैसे दिखाई देते हैं।

गौण तत्त्वों की कमी पूरी करने के लिए और पौधों को नीरोग रखने के लिए न्यून तत्त्वों के विभिन्न प्रकार के यौगिकों का मिट्टी पर प्रयोग किया जाता है। ये खाद के साथ भी डाले जाते हैं। अधिकतर सड़े हुए खादों के साथ जो गोबर द्वारा बनाये गये हों, ये भी डाले जाते हैं! आधुनिक वैज्ञानिकों का मत है कि मिट्टी के पर प्रयोग करने की अपेक्षा पौधों पर इन तत्त्वों का छिड़काव कहीं अधिक लाभदायक है। यह काम यदि बड़े पैमाने पर करना हो, तब मशीन से किया जा सकता

है और यदि छोटे पैमाने पर करना हो तो छोटे पम्प से भी हो सकता है। अधिकतर मिट्टी की अम्लता को बढ़ाने से (PH 5.5) न्यून तत्त्वों के शोषण में वृद्धि हो जाती है। मिट्टी को इस अवस्था में लाने के लिए पौधों की जड़ों के सन्निकट गन्धक का प्रयोग सफल सिद्ध हुआ है; कारण गन्धक मिट्टी में सल्फ्यूरिक अम्ल (Sulphuric Acid) में परिवर्तित होकर मिट्टी की अम्लता को बढ़ाता है। कहीं-कहीं आम्लिक मिट्टी में "गौण तत्त्वों" की कमी होने पर चूना के प्रयोग से भी लाभ हुआ है।

किसी-किसी मिट्टी में गौण तत्त्वों के यथेष्ट मात्रा में रहते हुए भी ये तत्त्व पौधों को प्राप्त नहीं होते। कारण यह है कि कुछ गौण तत्त्वों के विभिन्न यौगिक मिट्टी में अविलेय हो जाते हैं और इस अवस्था में ये पौधों द्वारा अवशोषित (Absorb) नहीं होते। कभी-कभी मिट्टियों में एक से अधिकन्यून तत्त्वों की कमी पायी गयी है। ऐसी अवस्था में जितने तत्त्वों की कमी पायी गयी है, सभी का एक साथ प्रयोग करने सेलाभ हुआ है।

गौण तत्त्वों में मुख्य केवल सात ही हैं जिनका वर्णन नीचे किया गया है। इन तत्त्वों के नाम हैं;

(१) **मैंगनीज** (Manganese) (२) **जस्ता** (Zinc) (३) **निकेल** (Nickel) (४) **कोबल्ट** (Cobalt), (५) **मौलिब्डेनम्** (Molybdenum) (६) **ताम्र** (Copper), और (७) **बोरॉन** (Boron).

(१) मैंगनीज

मैंगनीज मिट्टी में न्यून मात्रा में रहता है। यह तत्त्व बलुहट या हल्की मिट्टी में अधिक पाया जाता है। प्रायः ऐसी मिट्टियों में अधिक रहता है जहाँ चूने की मात्रा अधिक हो। जिस मिट्टी में अम्लता अधिक रहती है, उसमें मैंगनीज नहीं पाया जाता। विभिन्न प्रकार के पौधे, मिट्टी में इस तत्त्व के यथेष्ट मात्रा में न होने के कारण रोग-ग्रस्त हो जाते हैं। जैसे—जौ, चुकन्दर, मटर इत्यादि।

पौधों में लोहे और प्रोटीन के साथ मिलकर यह एक प्रकार का जटिल रासायनिक पदार्थ बन जाता है जिससे पौधों के श्वसन (Respiration) में लाभ होता है। श्वसन एक प्रकार की जटिल क्रिया पौधों में पायी जाती है, जिससे शर्करा (Carbohydrate) की हानि होती है और ऑक्सीजन बाहर निकलता है। सूर्य की किरण से और क्लोरोफिल की सहायता से शर्करा, कार्बन-डाई-ऑक्साइड(CO_2) और जल द्वारा बनती है और यही शर्करा पौधों में नष्ट होकर ऑक्सिजन बाहर

निकालती है। मैंगनीज इन क्रियाओं में सहायता पहुँचाता है। पौधों में प्रोटीन बनने के पहले अमोनिया द्रव्य की आवश्यकता होती है। किन्तु पौधों की जड़ें अधिकतर नाइट्रेट शोषण करती हैं। मैंगनीज नाइट्रेट को अमोनिया में परिवर्तित करता है, इसलिए यह प्रोटीन के बनने में सहायता पहुँचाता है।

पौधों द्वारा मैंगनीज को प्राप्त करने की शक्ति मिट्टी की अम्लता पर निर्भर होती है। यदि मिट्टी की अम्लता अधिक है तो मैंगनीज अधिक मात्रा में पौधों में प्रवेश कर सकेगा। कभी-कभी तो ऐसा होता है कि इस अवस्था में, मैंगनीज की मात्रा पौधों में इतनी अधिक हो जाती है कि पौधों को उससे क्षति पहुँचने लगती है। इस बात में अन्य न्यून द्रव्यों की अपेक्षा मैंगनीज भिन्न है, क्योंकि यह पौधों में बहुत अधिक मात्रा में बहुत दिनों तक टिका रहता है। यदि किसी मिट्टी में मैंगनीज की मात्रा कम हो, तो मिट्टी की अम्लता बढ़ा देने से पौधों के लिए उपलब्ध मैंगनीज की मात्रा बढ़ जाती है। इसके लिए प्रायः गंधक या अमोनियम सल्फेट का प्रयोग करते हैं। कुछ कीटाणु मिट्टी में ऑक्सीकरण क्रिया द्वारा मैंगनीज को पौधों के लिए अप्राप्य कर देते हैं।

मिट्टी में मैंगनीज भिन्न-भिन्न अवस्थाओं में रहता है, जिसका उल्लेख नीचे किया जाता है—

१. **पूर्ण मेंगनीज**—प्रतिशत मिट्टी में जितना भी मैंगनीज है, उस सबका जो विश्लेषण-क्रिया द्वारा ज्ञान प्राप्त होता है, उसे सम्पूर्ण (Total) मैंगनीज कहते हैं। इसमें कुछ भाग पौधों के लिए प्राप्य हैं और कुछ अप्राप्य।

विनिमय योग्य मेंगनीज— कलिल (Colloid) पर जो मैंगनीज शोषित होती है, उसे हम विनियम योग्य (Exchangeable manganese) कहते हैं। यह पौधों के लिए सुगमता से प्राप्त होता है।

२. **प्रह्रास्य मगनीज**—(Reducible Manganese)—मिट्टी में मैंगनीज बहुत सुगमता पूर्वक प्रह्लसित होता है और इस अवस्था में पौधों के लिए प्राप्य हो जाता है।

(२) जस्ता —

फलों के वृक्ष मिट्टी से जस्ता अधिक मात्रा में लिया करते हैं। उष्ण प्रदेश में जहाँ सूर्य की किरण प्रखर होती हैं, पौधों को मिट्टी में जस्ता की कमी से अधिक हानि पहुँचती है। अत्यन्त भारी मिट्टी में अथवा बलुहट मिट्टी में पौधों के लिए जस्ता की कमी पायी जाती है। भिन्न-भिन्न पौधे भिन्न-भिन्न मात्रा में मिट्टी से जस्ता

(Zinc) लेते हैं। नीबू इत्यादि के पेड़ों में जस्ता की कमी का अनुभव किया गया है। यदि ऐसे पेड़ भारी मिट्टी में उपजाये जायँ तब इनकी जड़ें अधिक दूर तक नहीं फैलतीं, इससे जस्ते की कमी हो जाती है। जस्ते की कमी दूर करने के लिए गोबर इत्यादि की खाद देने की आवश्यकता समझी जाती है। मिट्टी के कीटाणु, जिन्हें जस्ता की आवश्यकता होती है, पेड़ों के लिए जस्ता की कमी कर देते हैं। हौरमोन (Hormone) द्वारा पेड़ों की वृद्धि में जस्ता सहायता पहुँचाता है।

(३) बोरोन —

सभी पौधों के लिए बोरोन (Boron) अत्यन्त आवश्यक तत्त्व माना गया है। पौधों में बोरोन के नहीं रहने से, वे ठिंगनें हो जाते हैं। उनमें फूलों की कलियाँ उत्पन्न नहीं होतीं और जड़ों का अन्त भाग सड़ जाता है। गोभी इत्यादि के पत्ते भूरे हो जाते हैं। मिट्टी में बोरोन के रहने पर भी कभी-कभी पौधों के लिए वह प्राप्त नहीं हो पाता। खेतों में चूना (Calcium) अधिक रहने से बोरोन पौधों के लिए अप्राप्य हो जाता है। मिट्टी में १०–१२ पौंड प्रति एकड़ सुहागा के प्रयोग से बोरोन की मात्रा बढ़ जाती है और वह पौधों के लिए प्राप्य हो जाता है। मक्का, टमाटर, चुकन्दर, तम्बाकू, तथा सरसों नामक पौधों के लिए बोरोन की आवश्यकता अधिक बतलायी गयी है। जिस मिट्टी में हल्का पन होने के कारण जल नीचे की ओर छन कर चला जाता है, उसमें बोरोन की कमी पायी जाती है।

(४) निकेल —

(५) कोबाल्ट —

मिट्टी में कोबल्ट (Cobalt) की आवश्यकता पौधों के लिए नहीं बतलायी गयी है। किन्तु पौधों में उसके रहने से मवेशियों को लाभ पहुँचता है। पौधे मवेशियों के प्रधान आहार हैं, और इस भाँति यह तत्त्व मिट्टी में रहने से मवेशियों के लिए लाभदायक होता है। चरागाहों में जहाँ घास उपजती है, जो मवेशियों के लिए प्रधान भोजन है, वहाँ कोबाल्ट की आवश्यकता होती है। मवेशियों के खिलाने के लिए जो पौधे उपजाये जाते हैं, जैसे मसुरीया, ज्वार, अथवा कई प्रकार की घास, उनके लिए खाद के रूप में कोबाल्ट का प्रयोग करने से मवेशी रोग से निवृत्ति पाते हैं। इंग्लैंड में भेड़ों के लिए यह तत्त्व अत्यन्त आवश्यक पाया गया है। इनके खाद्य पदार्थ में कोबाल्ट न रहने के कारण इनको पाइन (Pine) नामक रोग हो गया। आधा पाउन्ड से दो पाउन्ड प्रति एकड़ कोबाल्ट चारागाहों में देने पर और भेड़ों को उन पर चराने से वे रोग-मुक्त हो गयीं। न्यूजीलैंड में

भी मिट्टी में कोबाल्ट की कमी है। वहाँ इस द्रव्य को फौसफेट के साथ मिट्टी में देते हैं।

(६) मौलिब्डेनम —

मौलिब्डेनम (Molybdenum) नामक तत्त्व मिट्टी में अत्यन्त सूक्ष्म मात्रा में रहता है। इस तत्त्व के संबंध में अनुसंधान वर्तमान काल में हुआ है। पौधों के लिए यह तत्त्व उतना आवश्यक नहीं है। यदि मिट्टी में प्रयोग किये गये खाद में अमोनियम का अंश अधिक हो, तब पौधों में नाइट्रेट अमोनियम नामक द्रव्य में परिवर्त्तित हो जाता है। इस परिवर्तन के लिए, जो रासायनिक क्रिया होती है, उसमें मौलिब्डेनम सहायता पहुँचाता है। पूर्व्व में इस बात की व्याख्या हो चुकी है कि कुछ पौधे तथा कीटाणु वायु से नाइट्रोजन लेकर प्रोटीन का निर्माण करते हैं। इस निर्माण में, तथा वायु में स्थित नाइट्रोजन के उपयोग में, मौलिब्डेनम् का स्थान बहुत ही महत्त्व पूर्ण है। मिट्टियों में इस तत्त्व की कमी का ज्ञान सर्वप्रथम आस्ट्रेलिया, न्यूजीलैंड और टासमानिया नामक देशों में प्राप्त हुआ। इन देशों में जो अनुसंधान हुआ उससे यह पता चलता है कि बलुहट मिट्टी में आधा पाउन्ड से लेकर दो पाउन्ड तक प्रति एकड़ अमोनियम मौलिब्डेनम के प्रयोग करने से दलहन वर्ग के पौधों को लाभ पहुँचता है। गोभी, टमाटर, इत्यादि में भी इस तत्त्व के प्रयोग से सफलता प्राप्त हुई है।

(७) ताम्र —

यूरोप और अमेरिका की भारी मिट्टियों में ताम्र की आवश्यकता पायी गयी है। किन्तु आस्ट्रेलिया और अफ्रीका की बलुहट मिट्टियों में भी इसकी आवश्यकता अनुभव की गयी है। मिट्टियों में ताम्र दो प्रकार की क्रियाओं से सम्बन्धित है—

(१) पौधों का पोषक द्रव्य होने के कारण उनके भिन्न-भिन्न अवयवों में होने वाली रासायनिक क्रिया में भाग लेता है।

(२) मिट्टी के लिए कुछ हानिकारक और पौधों के लिए जहरीले रासायनिक पदार्थों के साथ मिलकर उनके प्रभाव को नष्ट करता है। ताम्र और गन्धक के योग से तूतिया (Copper-Sulphate) बनता है, जिसका प्रयोग ऊपर लिखे हुए मिट्टी के अवगुण को मिटाने के लिए किया जाता है। २० पौन्ड प्रति एकड़ से ५० पौन्ड प्रति एकड़ तक इसका प्रयोग मिट्टी में होता है।

अनुसंधान से ज्ञात हुआ है कि जस्ता और ताम्र दोनों में घनिष्ठ सम्बन्ध है। एक के बिना दूसरे का प्रयोग निरर्थक साबित हुआ है। यह भी पता चला है कि मिट्टी पर ताम्र का प्रयोग गर्मियों में जबकि वायु में शुष्कता रहती है, अधिक लाभदायक हुआ है।

छठा परिच्छेद

मिट्टी में जीवांश तथा कार्बनिक द्रव्य और उनका पौधों से सम्बन्ध

१ कार्बनिक पदार्थ का मिट्टी में आगमन

कार्बनिक पदार्थ (Organic matter) में कार्बन, हाइड्रोजन, नाइट्रोजन आक्सिजन, गंधक तथा फौसफोरस नामक तत्त्व रहते हैं। कार्बन की मात्रा प्रचुर रूप में रहती है। इसकी उत्पत्ति जीवित पदार्थ द्वारा होती है। जीवन-क्रिया से इन पदार्थों का गहरा सम्बन्ध है।

इस कारण जितने भी कार्बनिक पदार्थ मिट्टी में पाये जाते हैं, वे पौधों द्वारा अथवा कीटाणु तथा अन्य जीव-जन्तुओं द्वारा मिट्टी में आते हैं। पौधे जब मिट्टी पर बीजारोपणके उपरान्त उपजते हैं, तब से लेकर इनकी अवसान अवस्था तक ये निरन्तर मिट्टी में कार्बनिक पदार्थ देते रहते हैं। प्रौढ़ावस्था में पत्ते के गिरने से और उसके उपरान्त जब पौधे काटे जाते हैं, उनके डंठल और जड़ से मिट्टी में कार्बनिक पदार्थ की वृद्धि होती है। कीड़े-मकोड़े तथा अन्य जीव-जन्तु भी, जीवनक्रिया समाप्त हो जाने के बाद मिट्टी में कार्बनिक पदार्थ छोड़ जाते हैं। मिट्टी में स्थित जीवाणुओं में, कार्बनिक पदार्थ उनके द्वारा वायु से लिये गये कार्बन-डाई-ऑक्साइड (CO_2) से बनते हैं। जीवाणु कार्बन-डाई-ऑक्साइड (CO_2) की वायु से लेकर विभिन्न प्रकार के कार्बनिक पदार्थ अपने शरीर के अवयवों में शरीर रचना और जीवन-क्रिया के हेतु संश्लेषित (Synthetise) करते हैं। इस क्रिया में जीवाणु हवा से कार्बन-डाई-ऑक्साइड के साथ नाइट्रोजन युक्त पदार्थ तथा जल भी लेते हैं। जैसा कि उल्लिखित है, कोई कोई कीटाणु वायु से नाइट्रोजन भी लेते हैं, और ऐसे कीटाणु वनस्पति के पोषण में बहुत सहायक होते हैं। इस क्रिया का विशेष वर्णन आगे किया जायगा।

हरी खाद तथा कार्बनिक खाद के प्रयोग से मिट्टी में कार्बनिक पदार्थोंकी वृद्धि हो जाती है। मिट्टी पर रहने वाले जीव-जन्तु तथा पक्षी भी मल-मूत्र द्वारा कार्बनिक पदार्थ की वृद्धि में सहायक होते हैं। खेत की मिट्टियों में प्रायः कार्बनिक द्रव्य का वृहद् भाग पौधों के कट जाने के उपरान्त मिट्टी में उनकी जड़ों के रह जाने पर आता है।

ऊंची जमीन पर कार्वनिक पदार्थ कम मात्रा में पाया जाता है। किन्तु नीची जमीन की मिट्टी में, जहाँ जल अधिक देर तक ठहरता है, जीव-जन्तु तथा वृक्ष के पत्ते, पौधे और वनस्पतियों के भिन्न-भिन्न भाग जो गिर जाते हैं, वे मिट्टी और पानी द्वारा लाये गये सिल्ट (Silt) से दबकर मिट्टी में मिल जाते हैं। इन पर सूर्य की किरणों के पड़ने से तथा उष्णता के प्रभाव से कोई ऐसी विशेष रासायनिक क्रिया नहीं हो पाती, जिसके द्वारा वे विश्लेषित होकर ऑक्सिजन अमोनिया और कार्बन-डाई-ऑक्साइड के रूप में परिवर्त्तित हो जायँ।

बाहर से लाये गये कार्बनिक पदार्थ बहुत दिनों तक मिट्टी में शनैः शनैः परिवर्त्तित होते रहते हैं। इनका मिट्टी के भौतिक गुणों तथा जलवायु और मिट्टी की जुताई इत्यादि क्रियाओं से सम्बन्ध है। मिट्टी के कार्बनिक पदार्थों में जो भिन्न-भिन्न तत्त्व पाये जाते हैं, उनका उल्लेख नीचे की सारणी सं० ३५ में किया जाता है।

सारणी सं० ३५

पौधे, जिनके द्वारा कार्बनिक पदार्थ, मिट्टी में आते हैं।	कार्बन Carbon	हाईड्रोजन Hydrogen	नाइट्रोजन Nitrogen	ऑक्सिजन Oxygen	भस्म Ash
पाइन के बृक्ष	४१.९६.	३.९८	१.४२	२१.०७	३१.५७.
ओक के बृक्ष	४९.११.	६.१२	१.७१	२९.३८	१३.६८.
गेहूँ के डन्ठल	४७.०१	५.६६	०.८२	३८.६१	७.९०.
लूसर्न	४३.२८	५.८६	१.९५	३८.५४	१०.३७.

ऊपर के आँकड़ों से यह पता चलता है कि मिट्टी के कार्बनिक पदार्थों में ४१ से ४९ प्रतिशत कार्बन, ४ से ६ प्रतिशत हाईड्रोजन, १ से २ प्रतिशत नाइट्रोजन और २१ से ३८ प्रतिशत ऑक्सिजन तथा ८ से ३१ प्रतिशत भस्म (Ash) रहती है।

(ii) गन्धक जीवाणु (Sulphophying bacteria)

(iii) लोह जीवाणु (Iron bacteria)

ख—इतरपुष्ट जीवाणु (Hetrotrophic bacteria)

(१) नाइट्रोजन स्थिरक जीवाणु (Nitrogen fixing bacteria)

(क) सहजीवी (Symbiotic)

(ख) स्वतंत्र जीवी (Free-living)

(i) जारक जींवी (Aerobic)

एजोटोबैक्टर (Azotobacter)

(ii) अजारक जीवी (Anaerobic)

क्लौस्ट्रीडीयम (Clostridium)

(२) एमोनिया उत्पादक जीवाणु (Ammonifying bacteria)

(३) सेल्युलोज जीवाणु (Cellulose bacteria).

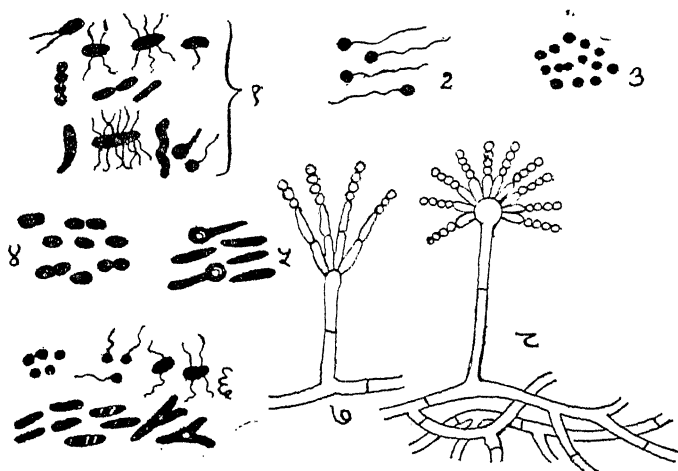
इन सभी अणु जीवों की संख्या मिट्टी में मापी गयी है। माप करने की विधि और क्रिया का उल्लेख करना यहाँ आवश्यक नहीं जान पड़ता। संख्याओंकी वास्तविकता में संदेह किया जा सकता है। फिर भी, जो भी संख्याएं इस माप-विधि द्वारा प्राप्त हैं, वे वास्तविक संख्या के सन्निकट हो सकती हैं। अनेक प्रकार की मिट्टियों में जीवाणुओं की संख्या २० लाख से २० करोड़ प्रतिग्राम के अन्तर में पायी गयी है। मिट्टियों के भिन्न भागों में तथा भिन्न प्रकार की मिट्टियों में भिन्न-भिन्न मात्रा में जीवाणु पाये जाते हैं। मिट्टियों में कार्बनिक द्रव्यों के विच्छेदन से जीवाणुओ की वृद्धि होती है। जब नये पेड़-पौधे मिट्टी में सड़ने लगते हैं, तब जीवाणुओं की वृद्धि अधिक होने लगती है। मिट्टी में पेड़-पौधे की जड़ के सन्निकट जीवाणुओं की संख्या अधिक होती है। जलवायु का प्रभाव मिट्टी के जीवाणुओं पर भी पड़ता है। उष्ण प्रदेश की मिट्टी में जीवाणु अधिक पाये जाते हैं और शुष्क तथा शीत प्रदेशों की मिट्टियों में जीवाणुओं की संख्या कम रहती है।

मिट्टी में कवक (Fungi) की संख्या जीवाणुओं की संख्या से कम है। कवक उन मिट्टियों में अधिक रहते हैं जिनमें कार्बनिक द्रव्यों की मात्रा अधिक है और जिनमें अम्लता है।

कृमि (Worms) इत्यादि उष्ण प्रदेशों की मिट्टियों में अधिक रहा करते हैं। मिट्टी इनका भोजन है। जिन मिट्टियों में अम्लता रहती है, उनमें इनकी संख्या कम रहती है। कृमि तथा दीमक मिट्टी के साथ कार्बनिक पदार्थों का मिश्रण करने में

अत्यन्त सहायक होते हैं। मिट्टी में इनकी अनुपस्थिति तभी होती है, जब उसमें अम्लता आ जाती है और ऐसी अवस्था में मिट्टी के कार्बनिक द्रव्य सतह पर अमिश्रित अवस्था में वर्त्तमान रहते हैं।

जीवाणु दो भागों में बाँटे गये हैं। एक वे जिन्हें हम आत्म-पुष्ट कहते हैं और दूसरे जिन्हें हम इतरपुष्ट कहते हैं। आत्मपुष्ट जीवाणु अपना भोजन कार्बन के रूप में वायु के कार्बन-डाइ-आक्साइड से प्राप्त करते हैं और साधारण अकार्बनिक द्रव्यों के ऑक्सीकरण द्वारा ऊर्जा (Energy) प्राप्त करते हैं। इतरपुष्ट कीटाणु कार्बन के रूप में अपना भोजन जटिल कार्बनिक द्रव्यों द्वारा प्राप्त करते हैं और इन्हीं यौगिक द्रव्यों के ऑक्सीकरण द्वारा इन्हें ऊर्जा भी प्राप्त होती है। इन्हीं जीवाणुओं में वे जीवाणु भी निहित हैं जो सेल्यूलोज का विच्छेदन करते हैं और जो नाइट्रोजन को वायु से शोषित करते हैं।

जैसा ऊपर उल्लेख किया गया है, कार्बनिक पदार्थ के सड़ने से मिट्टी में जीवाणु अधिक संख्या में उत्पन्न होते हैं। यह विच्छेदन क्रिया दो प्रकार की होती है। एक वह जो बिना सड़े हुए कार्बनिक पदार्थ के डालने से होती है और दूसरी वह जो सड़े हुए कार्बनिक पदार्थ के डालने से होती है। पहली क्रिया में जीवाणुओं की उत्पत्ति अत्यन्त शीघ्रता से होने लगती है, यहाँ तक कि ये जीवाणु मिट्टी के सभी पोषक

चित्र ४५—मिट्टी में पाये जाने वाले विभिन्न प्रकार के कीटाणु

द्रव्यों का अपहरण कर लेते हैं और पौधों को इनसे हानि पहुँचती है। दूसरी अवस्था में जीवाणुओं की उत्पत्ति धीरे-धीरे होती है और अन्त में ह्यू मस नामक एक कार्बनिक पदार्थ बन जाता है जो मिट्टी की भौतिक अवस्था को लाभ पहुँचाता है। यही कारण है कि मिट्टी में सड़ी हुई खाद डाली जाती है। हरे पत्ते तथा डंठल यदि खेत से दूर सड़ाये नहीं जायँ और इनको खेतों में छोड़ दिया जाय तब ये सड़ने लगते हैं और कीटाणुओं द्वारा पौधों को हानि पहुँचने लगती है।

मिट्टी की ऊपरी सतह में कीटाणु अधिक होते हैं किन्तु एक दो फुट के नीचे ये नहीं पाये जाते।

चित्र सं० ४५ में मिट्टी के सभी प्रकार के कीटाणुओं और जीवाणुओं की शकल दिखलायी गयी है।

अब हम मिट्टी में रहनेवाले बड़े-बड़े कीटों का, जो कार्बनिक पदार्थ के सड़ने में सहायता पहुँचाते हैं, वर्णन करते हैं। ये नौ प्रकार के जन्तु मिट्टी में प्रायः पाये जाते हैं।

नौ जन्तुओं की नामावली

१—रोडेन्टस् (Rodents) और इनसेक्टीवोरा (Insectivora)।

२—इनसेक्ट्स (Insects)।

३—मिलीपीड्स (Millipedes) एक प्रकार के कीड़े जिनके पैर बहुत से और छोटे-छोटे होते हैं।

४—सोबग्स (Sowbugs) एक प्रकार का खटमल।

५—माइट्स (Mites)।

६—घोंघा, सितुआ (Slugs and Snails)।

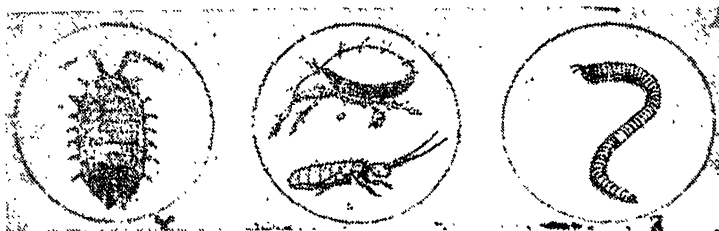
७—सेन्टीपीड्स (Centipedes), शतपदी।

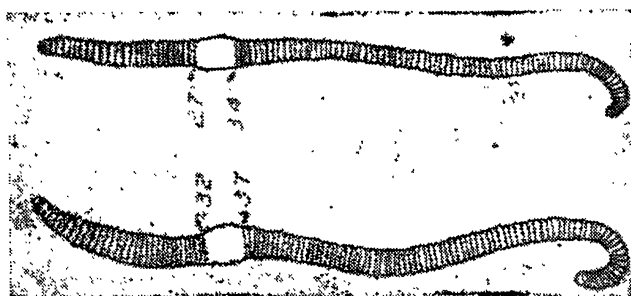
८—मकड़ा (Spider)।

९—भूमिकृमि (Earth Worm)।

इनमें ४, ५ और ३ की रूप-रेखा क्रमशः चित्र संख्या ४६ में दिखलायी गयी है।

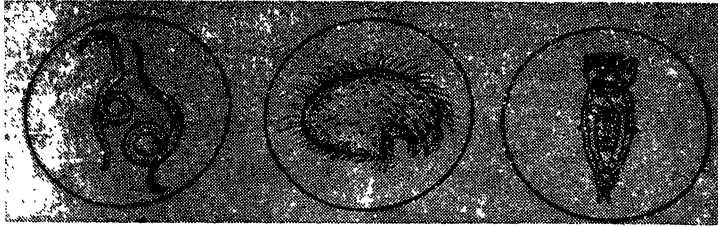
रोडेन्ट्स

उन जीवों को कहते हैं जैसे, चूहा, रूखी, इत्यादि। इनमें बहुत-से ऐसे भी हैं जो छोटे-छोटे कीड़ों को खा जाते हैं। ये मिट्टी की भौतिक क्रिया में अदल-बदल करते हैं। इनका प्रभाव कार्बनिक द्रव्यों पर कुछ भी नहीं है।

चित्र ४६—**मिट्टी में रहनेवाले बड़े कीड़े**

बड़े कीटों में भूमि कृमि (केंचुआ) मिट्टियों में अधिक पाया जाता है। इसकी शकल चित्र सं० ४७ में दिखलायी गयी है।

चित्र ४७—**भूमिकृमि (केंचुआ)**

इनमें दो कृमि यद्यपि एक ही प्रकार के दिखलाई देते हैं, फिर भी इनका रंग भिन्न-भिन्न है। ये मिट्टी को नीचे से निकाल कर ऊपर फेंकते हैं और प्रायः १५ टन मिट्टी प्रति एकड़ प्रति वर्ष अपने शरीर द्वारा खाकर निकाल देते हैं। वर्षा के दिनों में ये मिट्टी में अधिक पाये जाते हैं। ये मिट्टी में कार्बनिक पदार्थ को बढ़ाते हैं, क्योंकि इनके मर जाने के उपरान्त, इनके शरीर के सड़ने से कार्बनिक पदार्थ की वृद्धि होती है। वैज्ञानिकों ने यह अनुसंधान किया है कि भूमिकृमि जिस मिट्टी में अधिक पाये जाते हैं, उसकी उर्वरा शक्ति बढ़ जाती है और पोटाश तथा फौसफोरस पौधों के लिए अधिक प्राप्य हो जाते हैं। मिट्टी के भौतिक गुणों पर भी इनका प्रभाव पड़ता है। मिट्टी में ये बड़े-बड़े छेद कर देते हैं, जिसके कारण वायु और जल

का मिट्टी में संचालन अधिक हो जाता है। जिस मिट्टी में जल अधिक रहता है, उसमें ये अधिक पाये जाते हैं। इनकी संख्या मिट्टी में प्रति एकड़ १३ हजार से लेकर दो लाख पचास हजार तक हो सकती है। पिछली संख्या उन मिट्टियों की है जिनमें खाद डाली गयी है। जाड़े के दिनों में ये मिट्टी की ऊपरी सतह से तीन फुट नीचे तक चले जाते हैं। कारण इनकी शीत-सहन शक्ति अत्यन्त कम है।

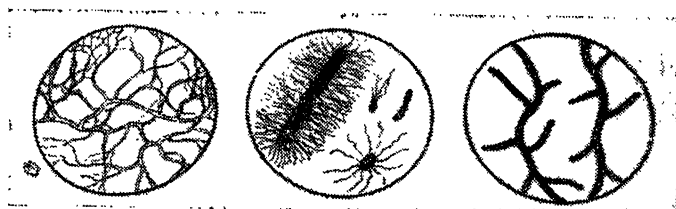
मिट्टी में बहुत छोटे-छोटे जीवाणु भी रहा करते हैं जो दो भागों में बाँटे गये हैं। एक सूत्रकृमि (Nematodes), प्रजीवगण (Protozoa) और दूसरे रौटीफर्स (Rotifers) हैं। इनकी शकल चित्र सं० ४८ में दी गयी है।

चित्र ४८—**सूत्रकृमि, प्रजीवगण तथा रोटीफर्स**

सूत्रकृमि (Nematodes)—जो ऊपर के चित्र में प्रथम स्थान पर दिखाये गये है, एक प्रकार के कृमि हैं, जो सभी मिट्टियों में रहते हैं। इनकी संख्या मिट्टी में अनगिनत हैं। ये गोल और लम्बे होते हैं और सूक्ष्मदर्शी यंत्र द्वारा ही देखे जा सकते हैं। ये तीन प्रकार के होते हैं। एक वे जो बहुत सड़े हुए कार्बनिक द्रव्यों का प्रयोग भोजन के लिए करते हैं। दूसरे वे जो भूमिकृमि (Earth worm) को अपना आहार बनाते हैं और तीसरे वे हैं जिनका आहार पौधों की जड़ें हैं। अन्तवाले सूत्रकृमि (Nematodes) की बनावट कुछ ऐसी है कि वे जड़ों में घुस जाते हैं और इस कारण पौधों को हानि पहुँचाते हैं। अधिकतर तरकारियों के पौधों को ये हानि पहुँचाते हैं। जैसे आलू-इत्यादि। इनका मिट्टी में नाश करना अत्यन्त कठिन समस्या है।

चित्र में दूसरा स्थान प्रजीवगण (Protozoa) का है। ये बहुत सूक्ष्म और साधारण अवयववाले एक-कोशीय (One celled) जीव हैं। ये भी तीन भागों में विभक्त हैं। एक जिसको अमीबा (Amoeba) कहते हैं। दूसरे सीलीऐट (Ciliates) और तीसरे फ्लेगेलेट्स (Flagellates) हैं। आप ऊपर के चित्र में

देखेंगे कि इनके शरीर पर छोटे-छोटे केश (Hair) हैं। मिट्टी में इनकी संख्या अनन्त है। इनकी रूप-रेखा भी असंख्य प्रकार की होती है। ये मवेशियों में और मनुष्यों में कई प्रकार की बीमारियाँ उत्पन्न करते हैं। इनकी पूर्ण तौल मिट्टी में १०० से २०० पौण्ड प्रति एकड़ होती है और ये १० लाख से १५ लाख तक की तादाद में प्रतिग्राम मिट्टी में पाये जाते हैं।

चित्र में तीसरा स्थान रोटीफर्स का है। ये भी छोटे-छोटे जन्तु अनगिनत संख्या में पाये जाते हैं। अधिकतर ये दलदल जमीन में पाये जाते हैं। ये प्रायः पचासों प्रकार के होते हैं। ये सूक्ष्म दर्शक यन्त्र द्वारा देखे जाते हैं। इनके मुँह के ऊपर बहुत से छोटे-छोटे केश होते हैं, जिनके द्वारा ये खाद्य पदार्थ इकट्ठा करते हैं, और पूँछ की तरफ दो छोटे-छोटे पैर होते हैं, जिनके द्वारा ये किसी वस्तु को पकड़ कर लटक सकते हैं।

अब मिट्टी में पाये जानेवाले जीवाणुओं और सूक्ष्म जीवों जैसे, काई, (Algae) फूफूँदी (Fungi) इत्यादि का वर्णन किया जाता है। चित्र ४९ देखिये।

क　　　　　ख　　　　　ग

चित्र ४९—**काई, फफूँदी इत्यादि**

कुएँ इत्यादि के निकट अथवा जल जहाँ अधिक लग जाता है वहाँ एक प्रकार के जीव पाये जाते हैं, जिनका नाम काई है। सूक्ष्म दर्शक यन्त्र द्वारा देखने पर इनकी रूप-रेखा चित्र में दिये गये "क" भाग में प्रकट की गयी है। ये कई प्रकार के होते हैं, कुछ हरे, कुछ नीले, और कुछ लाल। ये मिट्टी की ऊपरी सतह पर पाये जाते हैं और जल की प्राप्ति होने पर बड़ी शीघ्रता से बढ़ते हैं। ये अपना खाद्य मिट्टी में सड़े हुए कार्बनिक पदार्थों से लेते हैं। प्रधानतः ये तीन ही प्रकार के होते हैं।

(१) हरा-नीला (२) हरा (३) युक्ताप्य (Diatoms) मिट्टी के ऊपर ये बड़ी आसानी से फैलते हैं और इस क्रिया द्वारा ये मिट्टी के कार्बनिक पदार्थों को

बढ़ाते हैं जिससे पौधों की वृद्धि में लाभ होता है । ये एक ग्राम मिट्टी में आठ लाख की संख्या में पाये जाते हैं। ये वायु से नाइट्रोजन को लेकर प्रोटीन का निर्माण करते हैं। इस कारण इनका महत्त्व अत्यन्त अधिक है, क्योंकि इनके रहने से मिट्टी में नाइ-ट्रोजन की मात्रा बढ़ती है और पौधों की वृद्धि होती है।

भारतवर्ष में श्री प० क० दे और श्री रामनगीना सिंह ने बंगाल और उत्तर प्रदेश के धान के खेतों में अनुसंधान करके पता लगाया कि इन खेतों में नाइट्रोजन वायु से काई द्वारा शोषित होता है।

लेखक ने बिहार के खेतों में इस विषय पर अनुसंधान किया, जिससे यह सिद्ध हुआ कि प्रति एकड़ २० पौंड नाइट्रोजन इन खेतों में इस क्रिया द्वारा प्राप्त होता है। कहा जाता है कि मिट्टी में स्थित इस जीवित पदार्थ में सूर्य की किरण द्वारा शर्करा इत्यादि बनाने की शक्ति अत्यन्त अधिक है। इस कारण कभी-कभी यह भी विचार प्रगट किया जाता है कि इसको मनुष्य के भोजन के लिए खाद्य वस्तु-जैसा बना देना कठिन नहीं है। मिट्टी के लिए तो यह अत्यन्त आवश्यक और लाभदायक प्राकृतिक खाद्य समझा जाता है। प्रखर सूर्य की किरणों के कारण, वर्षा की अनु-पस्थिति में ये कीटाणु जीवित नहीं रहते। फिर भी मृतप्राय अवस्था में रहकर जब भी वर्षा अथवा सिंचाई से मिट्टी में जल प्राप्त होता है, ये जीवित हो उठते हैं और अपनी अद्भुत क्रिया द्वारा नाइट्रोजन को वायु से लेकर अत्यन्त आवश्यक और लाभदायक कार्बनिक पदार्थों का निर्माण करते हैं। मिट्टी में इनकी वृद्धि अम्लता, कैल्सियम और फौसफेट पर निर्भर है। अधिक अम्लता (पी० एच० $\angle$ ५=PH. $\angle$ ५) पर ये जीवित नहीं रहते। किन्तु अधिक क्षारीयता की अवस्था में ये जीवित रहते हैं। पी० एच०-८ पर भी ये जीवित रह सकते हैं। वैज्ञानिकों का मत है कि ऐल्गी (Algae) के उत्पादन से ऊसर मिट्टिओं को लाभ पहुँचता है और उनकी क्षारीयता कम की जा सकती है। कैल्सियम और फौसफेट के प्रयोग से एल्गी की संख्या में वृद्धि की जा सकती है।

मिट्टी में कवक (Fungi) अत्यधिक परिमाण में पाये जाते हैं। पूर्व समय में यह ज्ञान नहीं था कि मिट्टी की उर्वरा शक्ति को बढ़ाने में इनका कौन-सा स्थान है, पर अब यह पता चलता है कि मिट्टी के कार्बनिक द्रव्यों के विच्छेदन में इनके द्वारा सहायता पहुँचती है। इनमें क्लोरोफिल नामक हरे रंग का द्रव्य नहीं पाया जाता। अपने जीवन-पोषण के लिए ये कार्बनिक द्रव्यों से शक्ति प्राप्त करते हैं। चित्र में 'क' स्थान पर इनकी रूप रेखा दिखलायी गयी है। ये सूक्ष्म दर्शक यन्त्र द्वारा देखे

जा सकते हैं। ये कई प्रकार के होते हैं। जैसे, यीस्ट (yeasts), मोल्ड (Moulds) मशरूम (Mushroom) इनमें अन्तिम दो जातियाँ मिट्टी के लिए लाभदायक सिद्ध हुई हैं।

मिट्टी की शर्करा, सेल्यूलोज तथा लकड़ी के टुकड़े इत्यादि इनके भोजन हैं। इन सब पदार्थों को ये धीरे-धीरे सड़ा देते हैं। ह्यूमस के बनने में जो एक प्रकार का कार्बनिक द्रव्य है और जिसकी व्याख्या आने वाले प्रसंग में की जायगी, ये बहुत सहायता पहुँचाते हैं। कवक उस मिट्टी में अधिक होते हैं जिसमें अम्लता अधिक रहती है। ये भोजन स्वरूप अधिक से अधिक कार्बन और नाइट्रोजन प्राप्त करते हैं तथा बहुत कम कार्बन-डाई-ऑक्साइड (CO_2) और अमोनिया अपने शरीर से बाहर निकालते हैं। इस कारण मिट्टी में कार्बनिक द्रव्यों के संचित करने में बहुत मितव्ययी हैं। किन्तु ये अमोनिया को नाइट्रेट में परिवर्तित नहीं कर सकते तथा वायु से नाइट्रोजन का शोषण नहीं कर सकते। यथार्थ में ये वह काम करते हैं जो कीटाणु नहीं कर सकते।

कवक (Fungi) के परिवार में फफूँदी (Mould) का भी समावेश हैं। रूप-रंग से ये कुछ इतने मिलते-जुलते हैं कि इनका कवक के वर्ग में ले लेना आवश्यक होता है। मिट्टी में चार प्रकार की फफूँदी (Moulds) पायी जाती हैं। जैसे पेनसिलीयम (Penicillium) म्यूकर (Mucor) ट्राईकोडर्मा (Trichoderma) और एस-पर्गीलस (Aspergillus)। किन्तु आठ प्रकार की और फफूँदी भी विभिन्न मिट्टियों से निकाली गयी हैं। अन्वेषण से पता चला है कि एक ग्राम सूखी मिट्टी में दस लाख फुफुँदी कवक पाये जाते हैं। एक एकड़ भूमि में एक हजार से एक हजार पाँच सौ पौंड के लगभग इनका भार होता है। ये सभी प्रकार की मिट्टियों पर पनप सकती हैं:—जैसे आम्लीय मिट्टी, क्षारीय-मिट्टी इत्यादि। जिस मिट्टी में जल की मात्राअधिक रहती है उसमें ये सुगमता पूर्वक पनपती हैं। खाद्य इत्यादि के पड़ने से इनकी वृद्धि अधिक हो जाती है।

कवक मूल—(माईकोर्हाइजा, Mycorhiza)—कवक

ये भी एक प्रकार की फफूँदी कवक हैं जो मिट्टी में पाये जाते हैं। ये वृक्ष के चारों तरफ लिपटे रहते हैं और कोई-कोई तो जड़ के भीतर भी प्रवेश कर जाते हैं। इनके मिट्टी में रहने से वैज्ञानिकों का मत है कि पौधों की जड़ों को पोषक द्रव्य प्राप्त करने में सहायता पहुँचती है। जड़ों से उनका अति निकट सम्बन्ध होने के कारण और जड़ों पर आश्रित रहने के कारण, इस सिद्धान्त की पुष्टि होती है।

सम्भव है कि कुछ ऐसे पोषक द्रव्य, जिन्हें पौधों की जड़ें मिट्टी से प्राप्त नहीं कर सकती हों, उन्हें ये प्राप्य कर दें। सभी वैज्ञानिक यह मत नहीं मानते और इस कारण सिद्धान्त की पुष्टि के लिए अधिक कार्य करने की आवश्यकता समझी जाती है।

किरण कवक—(एक्टीनोमाईसिटिस :—Actinomycetes)—ये रूप और आकार में कवक (Fungi) से कुछ मिलते-जुलते हैं। ये उपर्युक्त चित्र में 'ग' स्थान पर दिखलाये गये हैं। मिट्टी में स्थित छोटे-छोटे कीटाणुओं (Bacteria) जैसे होते हैं। ये कवक से छोटे और कीटाणु से बड़े होते हैं। ये अम्लीय मिट्टियों में नहीं पाये जाते और अधिक क्षारीय मिट्टियों में भी इनकी वृद्धि नहीं होती। मिट्टी में इनके रहने से किसी-किसी पौधे में बीमारी फैल जाती है। आलू की फसल को इनसे हानि पहुँचती है। जिन मिट्टियों में ऐसा उपद्रव देखा जाता है, वहाँ गंधक के प्रयोग से लाभ हुआ है, क्योंकि गंधक मिट्टी में अम्लता को बढ़ाता है जिसके कारण किरण कवक नष्ट हो जाते हैं। प्रति ग्राम सूखी मिट्टी में प्रायः दो करोड़ की संख्या में ये पाये जा सकते हैं। मिट्टी में सूक्ष्म कीटाणुओं के बराबर ही इनकी संख्या होती है। एक एकड़ छः इंच गहरी मिट्टी में प्रायः ये ६०० पौंड के वजन में पाये जा सकते हैं। जिन मिट्टियों में ह्यूमस की मात्रा अधिक होती है, उनमें इनकी वृद्धि अधिक होती है। कभी-कभी तो ये मिट्टी के अत्यन्त सूक्ष्म कीटाणुओं से भी अधिक संख्या में पाये जाते हैं। मिट्टी में कार्बनिक खाद्य के डालने से इनकी संख्या अधिक हो जाती है। अत्यन्त सूखी मिट्टी पर अथवा ग्रीष्मकाल में भूमि पर जब पानी पड़ता है, तब हम एक प्रकार की सुगन्ध अनुभव करते हैं। यह किरण कवक की क्रिया द्वारा होता है। कार्बनिक पदार्थों के विच्छेदन की क्रिया में इनका स्थान अत्यन्त महत्त्वपूर्ण है।

मिट्टी में लिगनिन (Lignin) इत्यादि कार्बनिक पदार्थ को ये विच्छेदित करते हैं। सूक्ष्म कीटाणु भी इस क्रिया को नहीं कर सकते। मिट्टी में कार्बनिक पदार्थों को ह्यूमस के रूप में लाने का श्रेय इनको है और ये नाइट्रोजन युक्त कार्बनिक पदार्थ को बहुत दिनों तक बचा कर रखते हैं जिससे पौधों को लाभ पहुँचता है।

मिट्टी के जीवाणु

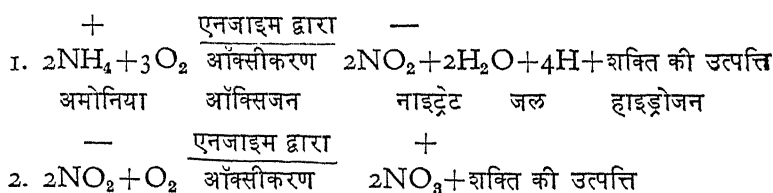
ये दो भागों में बाँटे गये हैं। एक आत्मपुष्ट (Autotrophic) और दूसरा इतर-पुष्ट (Heterotrophic)।

यह वर्गीकरण मिट्टी में इनके द्वारा पोषक द्रव्यों को लेने की क्रिया पर निर्धारित किया गया है। इनकी रूप-रेखा चित्र सं० ४५ में दे दी गयी है। चित्र संख्या ४९

में 'ख' स्थान पर भी पाठक इनकी शकल देख सकते हैं। आत्मपुष्ट जीवाणु अपने खाद्य पदार्थ मिट्टी में स्थित साधारण वस्तुओं से लेते हैं जैसे—कार्बन-डाइ-ऑक्साइड (CO_2) और अन्य अकार्बनिक साधारण पदार्थ जैसे—अमोनिया (NH_3), गंधक इत्यादि। इनमें तीन प्रकार के जीवाणु मिट्टी में अधिक पाये जाते हैं, उनका वर्णन हम यहाँ कर रहे हैं।

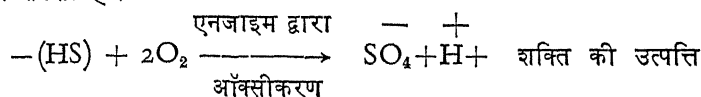
(क) **नाइट्रोजन कीटाणु**—ये ऑक्सीकरण क्रिया द्वारा अमोनिया (NH_3) को नाइट्रेट में परिवर्तन करते हैं। नीचे दिये हुए रासायनिक समीकरण से इस क्रिया का परिचय प्राप्त हो सकता है—

1. $\overset{+}{2NH_4} + 3O_2 \xrightarrow[\text{ऑक्सीकरण}]{\text{एनजाइम द्वारा}} \overset{-}{2NO_2} + 2H_2O + 4H +$ शक्ति की उत्पत्ति
   अमोनिया ऑक्सिजन नाइट्रेट जल हाइड्रोजन

2. $\overset{-}{2NO_2} + O_2 \xrightarrow[\text{ऑक्सीकरण}]{\text{एनजाइम द्वारा}} \overset{+}{2NO_3} +$ शक्ति की उत्पत्ति

ऊपर के समीकरण से यह पता चलता है कि इस रासायनिक क्रिया में शक्ति की उत्पत्ति होती है और अमोनिया नामक द्रव्य नाइट्रेट के रूप में परिवर्तित हो जाता है। इस परिवर्तन से पौधों को लाभ पहुँचता है। कुछ पौधों की जड़ें नाइट्रेट अति सुगमतापूर्वक शोषित करती हैं।

(ख) **गंधक जीवाणु** (Sulphur bacteria)—यह कार्बनिक पदार्थ में स्थित गंधक को सल्फेट में परिवर्तित कर देता है। यह भी एक ऑक्सीकरण क्रिया है। इस क्रिया के आरम्भ में जटिल कार्बनिक पदार्थों को इतरपुष्ट जीवाणु (Heterotrophic bacteria) विच्छेदित करते हैं और उसके बाद आत्मपुष्ट (Autotrophic bacteria) गंधक कीटाणु इस क्रिया को सम्पादित करते हैं।

नीचे दिये हुए रासायनिक समीकरण द्वारा इस क्रिया की विशेष जानकारी प्राप्त की जा सकती है।

$$-(HS) + 2O_2 \xrightarrow[\text{ऑक्सीकरण}]{\text{एनजाइम द्वारा}} \overset{-}{SO_4} + \overset{+}{H} + \text{ शक्ति की उत्पत्ति}$$

जटिल कार्बनिक
गंधक पदार्थ

ऊपर के समीकरण से यह प्रगट हो रहा है कि इस क्रिया में भी शक्ति की उत्पत्ति होती है।

(ग) लौह जीवाणु—ये जीवाणु लौह को फेरिक (Ferric) से फेरस (Ferrous) के रूप में परिवर्तित करते हैं।

इतर-पुष्ट जीवाणु

इतर-पुष्ट जीवाणु अपना खाद्य पदार्थ मिट्टी में स्थित जटिल कार्बनिक द्रव्यों द्वारा प्राप्त करते हैं। ये प्रायः तीन प्रकार के होते हैं।

१. **नाइट्रोजन स्थिरक कीटाणु** (Nitrogen Fixing Bacteria)—ये जीवाणु हवा से नाइट्रोजन का शोषण करते हैं। ये दो भागों में विभाजित हैं।

(१) **सहजीवी** (Symbiotic living)—जो स्वतन्त्र रूप से जीवित नहीं रह सकते।

(२) **स्वतंत्रजीवी** (Free living)—स्वतन्त्र जीवी भी दो भागों में बाँटे गये हैं।

(१) जो ऑक्सिजन के न रहने पर जीवित नहीं रह सकते। इनका नाम जारकजीवी (Aerobic) रखा गया है। इस वर्ग में ऐजोटोबैक्टर (Azoto bacter) नामक जीवाणु आते हैं।

(२) दूसरे वे हैं जो ऑक्सिजन (Oxygen) की अनुपस्थिति में जीवित रह सकते हैं। इनका नाम अजारक जीवी (Anaerobic) रखा गया है। इस वर्ग में क्लौसट्रीडीयम (Cloastridium) नामक जीवाणु आते हैं।

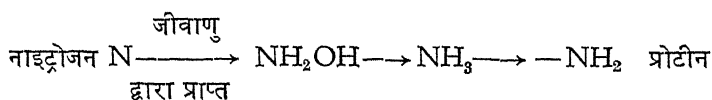
नाइट्रोजन स्थिरक जीवाणु में सहजीवी जीवाणुओं का स्थान कृषि के सम्बन्ध में

चित्र संख्या ५०—**पौधों की जड़ों में गुल्म की स्थापना**

अत्यन्त महत्त्वपूर्ण है। ये जीवाणु कई प्रकार के होते हैं। इनका नाम रेडीसीकोला, राई जोवियम, इत्यादि हैं। ये दलहन तथा अन्य पौधों की जड़ों के साथ मिलकर जड़ के ऊपर गुल्म की उत्पत्ति करते हैं (चित्र ५०) और वायु से नाइट्रोजन को लेकर पौधों की जड़ों में जटिल प्रोटीन की रचना करते हैं।

इस क्रिया का पता नहीं चला है कि वायु से नाइट्रोजन लेकर ये सूक्ष्म जीवाणु किस प्रकार पौधों की जड़ों में प्रोटीन तथा अन्य नाइट्रोजन युक्त कार्बनिक पदार्थ की रचना करते हैं। रेडियो आइसोटोप (Radio Isotope) के प्रयोग से यह सिद्ध हुआ है कि नाइट्रोजन को कीटाणु वायु से लेकर अमोनिया में परिवर्तित करते हैं। उसके बाद फिर अमोनिया से प्रोटीन की उत्पत्ति होती है।

नीचे दिये गये रासायनिक समीकरण से इसका कुछ बोध (आइडिया) प्राप्त होता है।

$$\text{नाइट्रोजन } N \xrightarrow[\text{द्वारा प्राप्त}]{\text{जीवाणु}} NH_2OH \longrightarrow NH_3 \longrightarrow -NH_2 \quad \text{प्रोटीन}$$

हाइड्रोक्सीलामाइन अमोनिया अमाइड तथा एमीनो एसिड

इतर-पुष्ट जीवाणु (Heterotrophic Bacteria) में ऐजोटोबैक्टर (Azotobacter) भी मिट्टी में अधिक संख्या में पाये जाते हैं। इससे भी अधिक संख्या में अजारक कीटाणु (Cloastridia) पाये जाते हैं। ऐज़ोटोबैक्टर जारक कीटाणु हैं। अर्थात् ये ऑक्सीजन की अनुपस्थिति में जीवित नहीं रह सकते और ये उस मिट्टी में भी जीवित नहीं रह सकते, जिसकी अम्लता अधिक है। अजारक जीवाणु में क्लौस-ट्रीडीया (Cloastridia) हैं। ये ऑक्सीजन की अनुपस्थिति में जीवित रहते हैं और वायु से नाइट्रोजन के शोषण करने की इनकी मात्रा कम है। एज़ोटोबैक्टर (Azotobacter) नामक जीवाणु वायु से नाइट्रोजन लेने के लिए भिन्न-भिन्न प्रकार के तत्त्वों की शरण लेते हैं। जैसे—मौलिब्डेनम (Molybdenum), कैलसियम (Calcium) स्ट्रौनसियम (Strontium), लौह (Iron) और फौसफेट (Phosphate)।

मिट्टी में स्थित विभिन्न प्रकार के कार्बनिक द्रव्य, जैसे—सेल्यूलोज, स्टार्च, गम (Gum), तथा कार्बनिक अम्ल (Organic acid), इसके भोजन हैं। यह अमोनिया से प्रायः नाइट्रोजन अधिक लेता है। प्रति ग्राम शर्करा के विच्छेदन से २० ग्राम नाइट्रोजन यह कीटाणु अपने शरीर में स्थित करता है अर्थात् प्रति ग्राम

नाइट्रोजन लेने के लिए इन्हें २० ग्राम कार्बन कार्बनिक द्रव्यों द्वारा लेकर उपयोग करना पड़ता है।

शीत प्रदेशों के खेतों में अनुसंधान करने से यह पता चला है कि स्वतन्त्र जीवी जीवाणु वायु से नाइट्रोजन इतना अधिक प्राप्त नहीं कर सकते, जिससे मिट्टी में नाइट्रोजन अधिक मात्रा में उपलब्ध हो और खेती में इसके कारण सफलता हो। १५ पौंड से लेकर २० पौंड प्रति एकड़ तक नाइट्रोजन मिट्टी में इन जीवाणुओं द्वारा प्राप्त होता है। कहीं-कहीं ४० पौंड प्रति एकड़ नाइट्रोजन भी इन जीवाणुओं द्वारा मिट्टी में प्राप्त होता है। इतर-पुष्ट जीवाणु जो स्वतन्त्रजीवी हैं, औसत २५ पौंड नाइट्रोजन प्रतिएकड़ वायु से लेकर मिट्टी को देते हैं। अन्त में इन जीवाणुओं द्वारा नाइट्रोजन युक्त कार्बनिक द्रव्य शनैः-शनैः विच्छेदित होकर पौधों की जड़ों के लिए अमोनिया और नाइट्रेट की उत्पत्ति करते हैं।

स्वतन्त्र जीवी जीवाणुओं की अपेक्षा सहजीवी (Symbiotic) जीवाणुओं द्वारा वायु से नाइट्रोजन अधिक मात्रा में मिट्टी को प्राप्त होता है। जैसा कि ऊपर उल्लेख किया गया है, इस क्रिया का पूर्ण विवरण वैज्ञानिकों को प्राप्त नहीं है, किन्तु इतना तो अवश्य विदित है कि ये जीवाणु वायु से नाइट्रोजन लेकर पौधों की जड़ों में देते हैं और वहाँ एक प्रकार के गुल्म की सृष्टि करते हैं। इस गुल्म में नाइट्रोजन प्रोटीन के रूप में परिवर्तित होता है। यह सारी क्रिया सृष्टि का एक अद्भुत नमूना है, जिसके द्वारा छोटे-छोटे जीवाणु प्रकृति से नाइट्रोजन नामक गैस जो किसी भी वस्तु के साथ, यौगिक द्रव्य नहीं बनाती, लेकर उसको यौगिक के रूप में परिवर्तित करते हैं।

ये कीटाणु मिट्टी की अत्यन्त अम्लता में भी जीवित रह सकते हैं, किन्तु वायु से नाइट्रोजन लेने के लिए इनकी अम्लता लगभग PH ४.५---५ तक होनी चाहिए। इनके उत्तम रूप में कार्य करने के लिए मिट्टी में कैलसीयम, मौलिब्डेनम तथा फौस-फेट की आवश्यकता है। जहाँ तक इनके सहजीवी पौधों का सम्बन्ध है, जिनकी जड़ में ये गुल्म स्थापित करते हैं, ज्ञात होता है कि मौलिब्डेनम (Molybdenum) की आवश्यकता गुल्म में नाइट्रोजन स्थित करने के लिए है। पौधों की जड़ों की वृद्धि पर मौलिब्डेनम (Molybdenum) का कोई प्रभाव नहीं पड़ता। ये जीवाणु प्रति पौंड नाइट्रोजन को लेने में २० पौंड शर्करा (Carbohydate) का उप-योग करते हैं। इससे यह पता चलता है कि स्वतन्त्र जीवी जीवाणुओं की अपेक्षा इनकी कार्यवाही २½ गुना अधिक है। ये जीवाणु नाइट्रोजन को बहुत शीघ्रतापूर्वक

वायु से लेते हैं। किसी-किसी वैज्ञानिक ने अनुसंधान करके बतलाया है कि लूसर्न नामक पौधों की जड़ों में ये जीवाणु १०० ग्राम नाइट्रोजन प्रतिदिन पौधों के प्रतिशत शुष्क भाग पर स्थिर करते हैं। इन जीवाणुओं द्वारा औसत २०० पौंड से लेकर ३०० पौंड नाइट्रोजन प्रति एकड़ मिट्टी को प्राप्त होता है। जीवाणुओं की इस क्रिया का उपयोग आधुनिक कृषि-विज्ञान ने अत्यन्त कुशलतापूर्वक किया है। न केवल विभिन्न प्रकार के पौधों की जाँच करके यह बतलाने की चेष्टा की गयी है कि कौन-कौन से पौधे कितनी अधिक मात्रा में जीवाणुओं द्वारा अपनी जड़ों में नाइट्रोजन स्थिर कर सकते हैं, किन्तु इस बात की भी सम्भावना दिखलायी गयी है कि अनुसंधानशालाओं में विभिन्न क्रियाओं द्वारा कृत्रिम रूप से जीवाणुओं की वृद्धि करके, उन्हें यदि मिट्टी में छोड़ दिया जाय, तब वे कितनी अधिक मात्रा में नाइट्रोजन स्थिर कर सकते हैं।

ऊपर कही गयी क्रिया का प्रयोग आजकल कृषि-विज्ञान में बहुत ही प्रचलित है और इसके द्वारा मिट्टी से अधिक अन्न उपार्जन करने में वैज्ञानिक सफल हुए हैं।

नीचे की सारणी संख्या ३७ में हम उन पौधों का उल्लेख करते हैं जिनकी जड़ों में ये जीवाणु नाइट्रोजन को स्थिर करते हैं। इस सारणी में जो आँकड़े प्राप्त किये गये हैं वे फसलों के हेर-फेर (शस्य-चक्र) से प्राप्त हुए हैं। दलहन, जिनमें जीवाणु द्वारा गुल्म उत्पन्न होते हैं और नाइट्रोजन स्थिरण (Nitrogen-fixation) होता है, राई के साथ हेर-फेर कर बोया गया है।

ऊपर की सारणी से पता चलता है कि दलहन श्रेणी के पौधे अन्य पौधों की अपेक्षा अधिक नाइट्रोजन स्थिर करते हैं। यही कारण है कि इन पौधों को खेतों में उपजा कर फिर जोत देने से ये पौधे मिट्टी में मिल जाते हैं और नाइट्रोजन की वृद्धि करते हैं। इस प्रकार की क्रिया को हम मिट्टी में हरी खाद डालने की क्रिया कहते और यह क्रिया भारतवर्ष में वर्षा ऋतु में की जाती है। यह जानी हुई बात है कि कार्बनिक पदार्थों के सड़ने के लिए मिट्टी में जल की अत्यन्त आवश्यकता होती है तथा वायु में उष्णता होनी चाहिए और उसका तापमान न अधिक, न बहुत कम हो। वर्षाऋतु का समय इसके लिए अत्यन्त लाभजनक प्रतीत होता है। आनेवाले परिच्छेद में इस क्रिया का उल्लेख विस्तारपूर्वक किया जायगा। यहाँ यही लिख देना यथेष्ट होगा कि मिट्टी की उर्वरा शक्ति को बढ़ाने के लिए मिट्टी में "हरी खाद" डालने की क्रिया अत्यन्त आवश्यक है।

इस विषय पर अधिक प्रकाश डालने की चेष्टा द्वितीय अध्याय में की गयी है।

सारणी संख्या ३७

नाइट्रोजन की मात्रा जो पौधों की जड़ों में जीवाणुओं द्वारा स्थिर होती है।

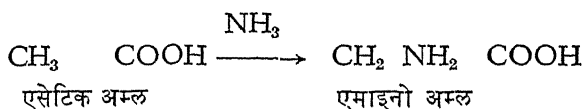
	पौधों के नाम	फसल कटने पर नाइट्रोजन की प्राप्ति पौंड प्रति एकड़		प्रत्येक हेर-फेर (शस्य का) के बाद	अन्य फसल की उपज
क्रम सं०		दलहन पौधों में	अन्य पौधां में	नाइट्रोजन का लाभ, पौंड प्रति एकड़	Cwt. प्रति एकड़
१	लूसर्न (Lucerne)	२९९	६६	१२२	२३.२
२	क्लोवर (Clover)	१२५	५१	११५	१९.४
३	स्वीट क्लोवर (Sweet Clover)	१७०	५१	८४	१८.९
४	सोयाबीन (Soyabean)	१७६	२९	–८	११.८
५	सेम	१०३	२५	–२०	१०.६
६	गेहूँ इत्यादि प्रतिवर्ष	—	२२	–१०	८.७

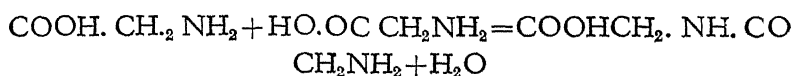
एमोनिया निष्कासक जीवाणु

पहले उल्लेख किया गया है कि सभी पौधे और जीव-जन्तु जब मिट्टी में विच्छेदित होते हैं तब उनमें स्थित प्रोटीन एमोनिया में परिवर्तित होता है। तत्पश्चात् एमोनिया नाइट्राइट और नाइट्रेट में परिवर्तित हो जाता है। ये सभी क्रियाएँ जीवाणुओं द्वारा मिट्टी में परिपूर्ण होती हैं। जहाँ तक प्रोटीन को विच्छेदन करने का सम्बन्ध है, ऐसा ज्ञात होता है कि यह क्रिया मिट्टी में कई जीवाणुओं द्वारा सिद्ध होती है—प्रथम प्रोटीन से जल-विश्लेषण (Hydrolysis) क्रिया द्वारा एमाइनो-अम्ल (Amino Acid) उत्पन्न होता है। यहाँ पर यह बतलाना आवश्यक है कि प्रोटीन पौधों में किस प्रकार निर्मित होता है। पौधे मिट्टी से अमोनिया या नाइट्रेट प्राप्त करते हैं। यदि

नाइट्रेट की प्राप्ति होती है तब वह भी पौधों में एमोनिया में परिवर्तित हो जाता है। तत्पश्चात् एमोनिया पौधों में स्थित अम्ल के साथ प्रतिक्रिया द्वारा एमाइनो अम्ल (Amino acid) बनाता है।

$$CH_3 \quad COOH \xrightarrow{NH_3} CH_2 \; NH_2 \quad COOH$$

एसेटिक अम्ल — एमाइनो अम्ल

एमाइयो अम्ल आपस में मिलकर पेप्टाइड (Peptide) का निर्माण करते हैं।

$$COOH.\ CH._2\ NH_2 + HO.OC\ CH_2NH_2 = COOHCH_2.\ NH.\ CO\ CH_2NH_2 + H_2O$$

पेप्टाइड (Peptide)

इसी प्रकार पेप्टाइड के अणु मिलकर प्रोटीन का निर्माण करते हैं। जिस तरह से प्रोटीन का निर्माण जीवित प्राणियों के शरीर में होता है,ठीक उसके विपरीत उसका विच्छेदन जीवाणुओं द्वारा मिट्टी में होता है। जितनी रासायनिक क्रियाएँ ऊपर दी गयी हैं, विच्छेदन की अवस्था में विपरीत गति को प्राप्त हो जाती है। इस क्रिया में उनके जीवाणुओं का सहयोग होता है। जीवाणु अपनी जीवन-क्रिया में एनजाइम (Enjyme) का स्राव (Secretion) करते हैं। एनजाइम उत्प्रेरक (Catalysis) का कार्य करता है अर्थात् किसी-किसी रासायनिक क्रिया के होने में सहायता पहुँचाता है।

मिट्टी में प्रोटीन की विच्छेदन-क्रिया में जो जीवाणु हाथ बटाते हैं उनका वर्णन नीचे किया जा रहा है।

हौप सेलर (Hoppe Seyler) ने यह सिद्ध किया कि प्रोटियस वल्गारिस, (Proteius Vulgaris)) बैसिलससटलिस (Bacillus Suttilis) सेरासिया मारसीसेन्स (Serratia Marcescens), क्लौस्ट्रीडीयम प्यूट्रीफीकस (Clostridium putrificus) इत्यादि अनेक प्रकार के जीवाणु प्रोटीन (Protein) का विच्छेदन मिट्टी में करते हैं। इनकी विच्छेदन-क्रिया में एमाइनो अम्ल (Amino acid) अमोनिया यूरिया इत्यादि अनेकों प्रकार के नाइट्रोजन युक्त द्रव्य निकलते हैं।

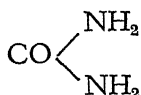
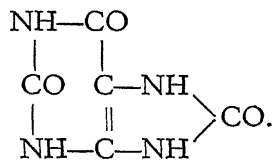
जीवाणुओं के अतिरिक्त कवक (Fungi) भी मिट्टी में प्रोटीन का विच्छेदन करते हैं। इनमें एक कवक, एसपरगिलस नाइगर (Aspergillusniger) का

स्थान महत्त्वपूर्ण है। यह प्रोटीन पर अति शीघ्र प्रतिक्रिया द्वारा अमोनिया उत्पादन में सहायता पहुँचाता है।

मिट्टी में नाइट्रोजन की हानि और लाभ तथा नाइट्रोजन चक्र (Nitrogen cycle)

ऊपर यह कहा गया है कि मिट्टी में कार्बनिक द्रव्यों के विच्छेदन से अमोनिया की उत्पत्ति होती है। यह क्रिया जीवाणुओं द्वारा की जाती है। अमोनिया मिट्टी में अधिक देर तक नहीं रह सकता। इसकी उत्पत्ति होने के थोड़ी देर के उपरान्त अन्य जीवाणु इसको नाइट्राइट (Nitrite) तथा नाइट्रेट (Nitrate) में परिवर्तित कर देते हैं। नीचे लिखे हुए रासायनिक समीकरण से इसका अभिप्राय ज्ञात होता है —

कार्बनिक पदार्थ→एमोनिया (NH_4^-)
↓
नाइट्राइट (NO_2^-)
↓
नाइट्रेट (NO_3^-)

मिट्टी में स्थित अति सूक्ष्म जीवाणु जो कार्बनिक पदार्थों से अमोनिया की उत्पत्ति करते हैं, अपने शरीर की क्रियाओं के लिए, जितने नाइट्रोजन की आवश्यकता होती है, उससे कहीं अधिक नाइट्रोजन का उत्पादन करते हैं। यह नाइट्रोजन अमोनिया के रूप में उनके शरीर द्वारा बहिष्कृत होता है। अमोनिया उसी अवस्था में अधिक निकल सकता है, जब जीवाणुओं को ऑक्सीजन प्राप्त हो। ऑक्सीजन की अनुपस्थिति अथवा कमी होने पर एमाइन्स (Amines) की उत्पत्ति होती है। मिट्टी के अन्य कीड़े-मकोड़े यूरिया (Urea) तथा यूरिक एसिड (Uric acid) अपने शरीर में संश्लेषित करते हैं और शरीर से बहिष्कृत करते हैं। इन दोनों कार्बनिक द्रव्यों की आकृति नीचे दी जाती है।

यूरिया (Urea)

यूरिक ऐसिड (Uric acid)

मिट्टी में इस प्रकार अमोनिया की उत्पत्ति का प्रभाव कृषि में अत्यन्त महत्त्व रखता है। मिट्टी में भिन्न प्रकार के कार्बनिक खाद के प्रयोग से अमोनिया की उत्पत्ति होती है।

मान लीजिए कि यदि सुखाया हुआ कसाईखाने का खून मिट्टी में खाद के रूप में डाला जाय तब इसका ८० प्रतिशत नाइट्रोजन अमोनिया के रूप में परिवर्तित हो जायगा और २० प्रतिशत नाइट्रोजन सूक्ष्म जीवाणुओं के अवयवों में रह जायगा। किन्तु यदि हम इसके साथ-साथ कुछ सेल्यूलोज तथा शर्करा (Carbohydrate) का प्रयोग करें, तब मिट्टी में इस प्रकार के कार्बनिक द्रव्यों का उपयोग करनेवाले जीवाणुओं की वृद्धि हो जायगी और ये नाइट्रोजन का अधिक उपयोग करने लगेंगे। इस कारण से अमोनिया की उत्पत्ति कम हो जायगी। ऐसी अवस्था में जब शर्करा और प्रोटीन का अनुपात '५' हो जायगा तब सूखे हुए खून के समूचे नाइट्रोजन का सूक्ष्म जीवाणुओं द्वारा उपयोग कर लिया जायगा और अमोनिया की उत्पत्ति बन्द हो जायगी। मिट्टी में यूरिक एसिड और यूरिया के रासायनिक विच्छेदन से भी अमोनिया की उत्पत्ति होती है। यह क्रिया युरियेज एनजाइन (Urease enzyne) द्वारा होती है।

अब हम मिट्टी में अमोनिया के नाइट्राइट (Nitrite) और नाइट्रेट (Nitrate) में परिवर्तित होने की क्रिया की चर्चा करते हैं।

१८८९ और १८९० ई० में जीवाणुओं के दो बड़े-बड़े विशेषज्ञ वारिंगटन (Warington) और विनोग्रास्की (Winogradsky) ने मिट्टी से दो अति सूक्ष्म जीवाणुओं को बहिष्कृत किया और कृत्रिम खाद में उनकी वृद्धि की। उन्होंने बताया कि ये जीवाणु अमोनिया का मिट्टी में ऑक्सीकरण करते हैं। तत्पश्चात् अन्य विशेषज्ञों ने इस पर अनुसंधान किया और बहुत-से महत्त्वपूर्ण सिद्धान्त इस विषय पर स्थापित किये गये। इनका वर्णन आगे किया जाता है।

१. ये कीटाणु (जीवाणु) दो प्रकार के होते हैं —

(क) नाइट्रोसोमनास (Nitrosomanas)।

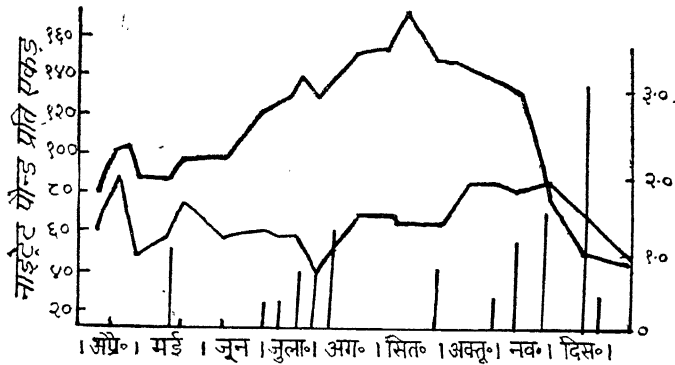
(ख) नाइट्रोबैक्टर (Nitrobacter)।

२. ये कीटाणु अम्ल मिट्टी पर भी अपनी क्रिया जारी रखते हैं।

३. नाइट्राइट से नाइट्रेट बनने की क्रिया, अमोनिया से नाइट्राइट बनने की अपेक्षा अधिक तीव्र गति से होती है।

४. जीवाणुओं द्वारा ये क्रियाएँ मिट्टी में स्थित कलिल पदार्थों (Colloidal matters) की सतह पर प्रायः होती हैं और इसके लिए कैलसियम तथा फौस्फेट की आवश्यकता होती है। इसके साथ-साथ लोह, ताम्र तथा जस्ता (Zinc) की भी आवश्यकता होती है। मिट्टी का तापक्रम ३०° सेंटीग्रेड से लेकर ४०° सेंटीग्रेड

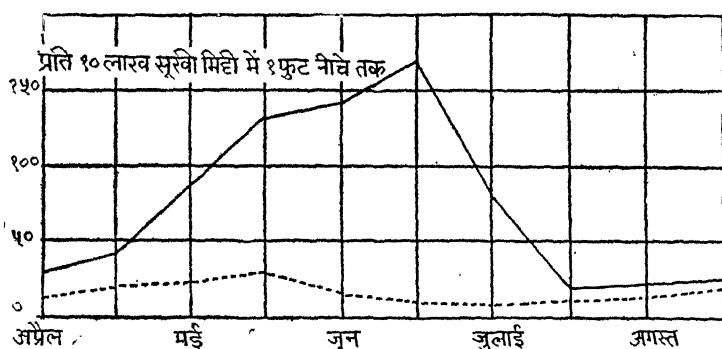
तक होना चाहिए। मिट्टी में वायु का रहना आवश्यक है, जल भी थोड़ा रहना चाहिए।

मिट्टी में नाइट्रेट और अमोनिया अधिकतर पाये जाते हैं। ये दो द्रव्य अकार्बनिक अवस्था में रहते हैं। नाइट्रेट पानी में घुलनशील होकर रहता है। किन्तु अमोनिया विशेष करके कलिल पदार्थों की सतह पर शोषित रहता है। मिट्टी में इन द्रव्यों की सम्पूर्ण मात्रा तभी जानी जा सकती है, जब हमें यह पता चल जाय कि कितना अमोनिया और नाइट्रेट जीवाणुओं द्वारा उत्पादित हुआ और कितना जल द्वारा मिट्टी से छनकर नीचे चला गया और कितना पौधों को प्राप्त हुआ। पहली संख्या में दूसरी और तीसरी संख्या के जोड़ को घटा देने से, हमें यह जानकारी होती है कि अमुक समय पर मिट्टी में अकार्बनिक नाइट्रोजन की मात्रा कितनी है। चित्र संख्या ५१ में रौथमस्टेड के खेत पर किये गये अनुसंधान द्वारा प्राप्त नाइट्रेट के आँकड़े इसे स्पष्ट करते हैं।

चित्र संख्या—५१—**नाइट्रेट के आँकड़े**

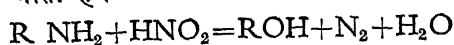
दो प्रकार के खेतों के आँकड़े प्रति मास दिये गये हैं। एक जिसमें फसल उपजायी गयी है और दूसरा जिसमें फसल नहीं उपजायी गयी। चित्र ५२ में ऊपर की रेखा उस खेत की है, जिसमें फसल नहीं उपजायी गयी थी।

उक्त चित्र से यह बात स्पष्ट है कि जिस खेत में फसल नहीं उपजायी गयी, उसमें नाइट्रेट की मात्रा अधिक है।

मिट्टी में अकार्बनिक नाइट्रोजन कई प्रकार से पौधों को अलभ्य हो जाता है। बहुत से जीवाणु इसे अपने भोजन के रूप में ग्रहण कर लेते हैं। मिट्टी की आम्लिक

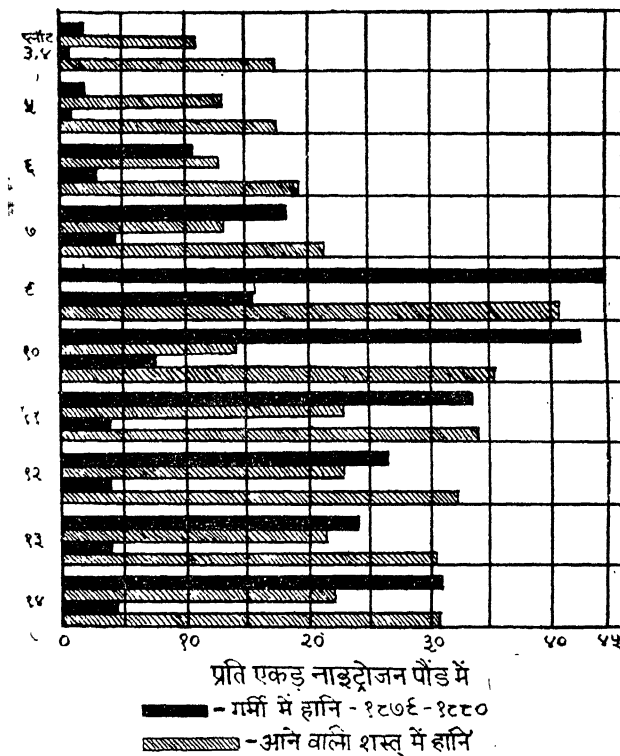
अवस्था में रासायनिक क्रिया द्वारा नाइट्राइट (Nitrites) अमाइन (Amaine) के साथ मिलकर नाइट्रोजन गैस (Nitrogen Gas) की उत्पत्ति करता है, जो मिट्टी

चित्र संख्या—५२ **सूखी मिट्टी प्रति दस लाख में नाइट्रेट का अंश**

से निकलकर वायु में मिल जाती है। यह नीचे लिखे हुए रासायनिक समीकरण द्वारा स्पष्ट हो जाता है।

$$R\ NH_2 + HNO_2 = ROH + N_2 + H_2O$$

भिन्न-भिन्न ऋतुओं में खेतों से नाइट्रोजन की हानि होती है।

वर्षा ऋतु में खेतों से नाइट्रोजन की हानि अधिक होती है। नाइट्रेट और अमोनिया विलेय पदार्थ हैं। ये पानी में घुलकर मिट्टी के नीचे चले जाते हैं। इसे चित्र संख्या ५३ में बतलाने की चेष्टा की गयी है। रौथमस्टेड के गेहूँ के खेत में शरद ऋतु में जब वर्षा अधिक होती है, नाइट्रोजन की हानि भी अधिक होती है।

वायु के न रहने पर एमाइन (Amaine) की उत्पत्ति होती है। ऐसा ज्ञात होता है कि जब कभी मिट्टी में वायु की कमी रहे, तब मिट्टी में स्थित नाइट्राइट एमाइन के साथ मिलकर नाइट्रोजन गैस उत्पन्न करता है और यह गैस मिट्टी के बाहर निकल जाती है। इस कारण से मिट्टी में यथेष्ट वायु का रहना आवश्यक है। खेत जोतने और बोने से भी नाइट्रोजन की हानि होती है। कुछ तो पौधे नाइट्रोजन को ले लेते हैं और कुछ जुताई करने के बाद जब मिट्टी के कण एक-दूसरे से अलग हो जाते हैं, तब विलेय होकर नीचे की ओर छनकर चला जाता है।

अमेरिका और रौथमस्टेड में पचासों वर्ष तक इस विषय पर अनुसंधान किया गया कि किस भाँति और कौन-कौन-सी क्रियाएँ करने पर कितना नाइट्रोजन खेत की मिट्टी से बाहर निकल जाता है और पौधों के लिए अप्राप्य हो जाता है।

चित्र संख्या ५३—**गेहूँ के खेत में अधिक वर्षा से नाइट्रोजन की हानि**

सारणी संख्या ३८, ३९ और ४० में यह दिखलाया गया है कि अकार्बनिक खाद डालने पर तथा खेत में फसल उपजाने पर और खेत को बिना फसल के छोड़ देने पर किस किस समय में कितने नाइट्रोजन की हानि हुई है।

सारणी संख्या ३८

अकार्बनिक खाद का प्रयोग होने पर मिट्टी से नाइट्रोजन की हानि

	नाइट्रोजन का परिवर्तन, पौंड प्रति एकड़ में			
	टिमोथी ९ वर्ष तक		बागवानी १५ वर्ष तक नाइट्रोजन का प्रयोग	
	अधिक नाइट्रोजन	कम नाइट्रोजन	अमोनिया सल्फेट	सोडियम नाइट्रेट
मिट्टी से हानि	–९०	–४०	४७०	७१०
मिट्टी में प्रयोग	१८६०	७००	२२३०	२२३०
पूर्ण हानि	१७७०	६६०	२७००	२९४०
पौधों द्वारा ले लिया गया	१२९०	६४०	१४००	१६४०
जल द्वारा घुलनशील	४०	२०	६३०	६९०
पूर्ण हानि	१३३०	६६०	२०३०	२३३०
हानि जिसका कुछ ब्यौरा नहीं है	४४०	—	६७०	६१०
प्रतिशत लाभ, खाद द्वारा	२४	—	३१	२८

सारणी सं० ३८ से यह पता चलता है कि जब हम अमोनियम सल्फेट और सोडियम नाइट्रेट खाद के रूप में डालते हैं, तब किस भाँति मिट्टी से नाइट्रोजन की हानि होती है।

सारणी सं० ३९ में यह बात स्पष्ट की गयी है कि जिस खेत में हम गोबर की खाद डालते हैं उसमें प्रति वर्ष नाइट्रोजन अधिक रहता है। अकार्बनिक (In-organic) खाद डालने से नाइट्रोजन की हानि अधिक होती है।

सारणी सं० ४० में यह बात स्पष्ट की गयी है कि २२ वर्ष तक निरन्तर जुताई करने के बाद खेत की मिट्टी से नाइट्रोजन की हानि कितनी हुई है। ६८ पौंड प्रति एकड़ वार्षिक हानि इस क्रिया द्वारा दिखलायी गयी है।

सारणी संख्या ३९

खेत से नाइट्रोजन की हानि (विभिन्न प्रकार की खाद के प्रयोग से)

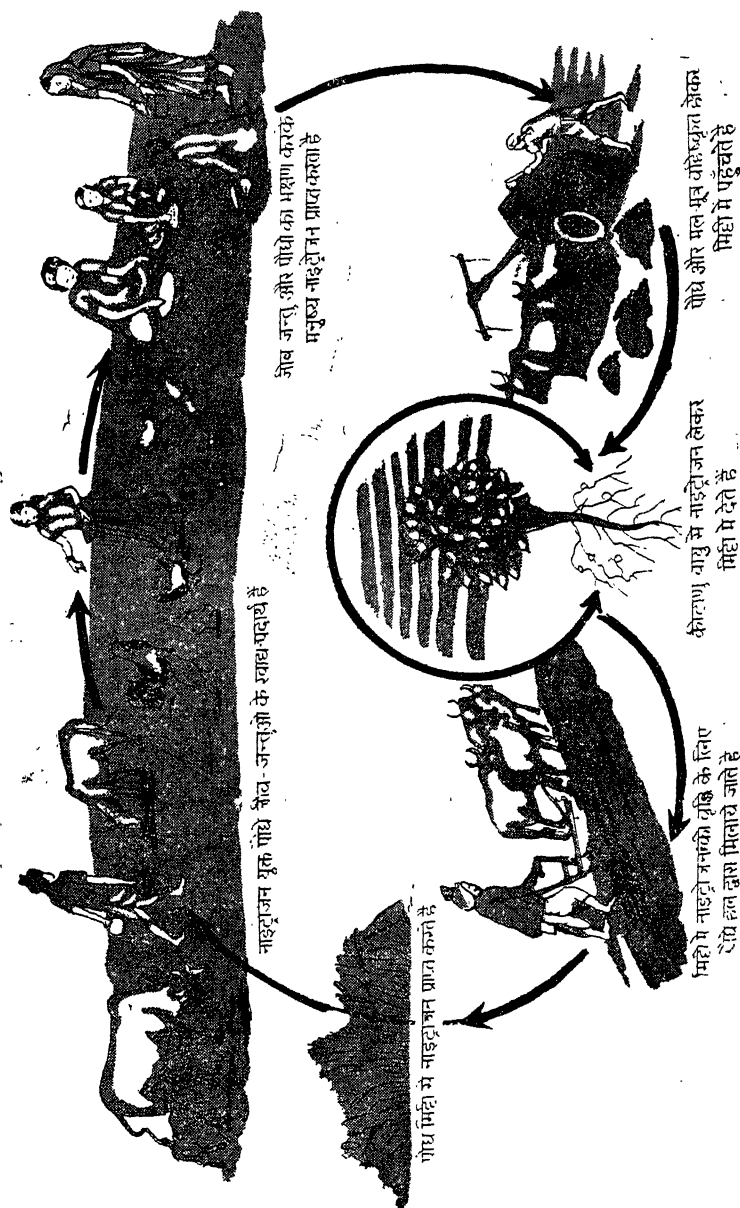
	गोबर की खाद	खाद रहित	अकार्बनिक खाद, ८६ पौंड नाइट्रोजन, सल्फेट अमोनिया के रूप में	
	खेत सं० २८	खेत सं० ३	खेत सं० ७	खेत सं० १३
१८६५ में नाइट्रोजन, पौंड प्रति एकड़	४८५०	२९६०	३३९०	३३२०
१८६५ में नाइट्रोजन, प्रतिशत	०.१९६	०.११४	०.१२३	०.१२१
१९१४ में नाइट्रोजन, पौंड प्रति एकड़	५५९०	२५७०	३२१०	३२४०
१९१४ में नाइट्रोजन, पौंड प्रतिशत	०.२३६	०.०९२	०.१२०	०.१२२
पूर्ण परिवर्तन ४९ वर्ष में पौंड प्रति एकड़	+७४०	−३९०	−१८०	−८०
प्रति वर्ष, वर्षा, बीज और खाद द्वारा नाइट्रोजन प्राप्त	२०८	७	९३	९३
पौधों द्वारा नाइट्रोजन का शोषण, प्रति वर्ष	५०	१७	४६	४४
खेत में नाइट्रोजन का ठहराव (+) तथा हानि (−)	+१५	−८	−४	−२
प्रति वर्ष नाइट्रोजन अज्ञात	१४३	लाभ २	५१	५१

सारणी संख्या ४०

घास वाली जमीन को जोतने से नाइट्रोजन की हानि

	प्रतिशत	पौंड प्रति एकड़
घासवाली जमीन में नाइट्रोजन	०.३७१	६९४०
उसी जमीन में २२ वर्ष हल चलने के बाद नाइट्रोजन	०.२५४	४७५०
मिट्टी से हानि	—	२१९०
मिट्टी में पौधों से नाइट्रोजन	—	७००
सम्पूर्ण हानि	—	१४९०
प्रति वर्ष हानि	—	६८

नाइट्रोजन का लाभ मिट्टी में भिन्न-भिन्न क्रियाओं द्वारा होता है। जैसा कि ऊपर उल्लेख किया गया है, जीवाणु, वायु से नाइट्रोजन लेकर मिट्टी को प्रदान करते हैं। इस क्रिया द्वारा २० पौंड से लेकर १०० पौंड तक प्रति एकड़ नाइट्रोजन हमें प्राप्त हो सकता है। जीव-जन्तु तथा पेड़-पौधे भी मृत्यु को प्राप्त होने के बाद मिट्टी को नाइट्रोजन प्रदान करते हैं। इनके आँकड़े देना तो बड़ा कठिन है, किन्तु एक अनुमान किया जा सकता है। भारतवर्ष में इस प्रकार हम प्रति एकड़ ५० पौंड नाइट्रोजन गोबर की खाद के रूप में अथवा जीव-जन्तुओं के सड़ने से पाते हैं। वर्षा द्वारा भी कुछ नाइट्रोजन मिट्टी को प्राप्त होता है। वर्षा का जल वायु में स्थित अमोनिया को विलयन करके मिट्टी में लाता है। इसका अनुमान हम तभी कर सकते हैं जब प्रति वर्ष वर्षा के जल का विश्लेषण हो। इस प्रकार विभिन्न रीति से जो नाइट्रोजन मिट्टी पर आता है, वह जीवाणुओं द्वारा परिवर्तन को प्राप्त होता है अथवा पौधों द्वारा शोषित होता है, अन्यथा नीचे की ओर छनकर चला जाता है।

ऊपर के उल्लेख से हमें पता चलता है कि नाइट्रोजन की क्रिया का एक चक्र है। मिट्टी में जीव-जन्तुओं से नाइट्रोजन प्राप्त होकर फिर पौधों द्वारा शोषित होता है। पृथ्वी के प्राणियों के लिए पौधे आहार होते हैं और फिर ये प्राणी विष्ठा तथा मूत्र

चित्र संख्या ५४—**प्रकृति में नाइट्रोजन का आवर्तन**

के रूप में नाइट्रोजन को पृथ्वी पर फैला देते हैं। चित्र सं० ५४ में इस चक्र को दिखलाने का प्रयत्न किया गया है।

मिट्टी में कार्बनिक पदार्थों का विच्छेदन

मिट्टी में कार्बनिक पदार्थों की विच्छेदन-क्रिया बहुत ही जटिल है और जो पदार्थ इस विच्छेदन-क्रिया में उत्पन्न होता है, उसका रासायनिक क्रिया द्वारा पहचानना कठिन है। किन्तु सभी कार्बनिक पदार्थ (Organic matter) जो मिट्टी में आते हैं, वे जल और ताप के सम्मिश्रण द्वारा सड़ने लगते हैं। विच्छेदन का आरम्भ सर्वप्रथम स्टार्च और शर्करा तथा विलेय प्रोटीन से होता है। इसके पश्चात् जटिल प्रोटीन (Crude protein), पेन्टोजेन्स (Pentosans) और हेमी सेल्यूलोज (Hemi cellulose) क्रमशः विच्छेदित होने लगते हैं। शुद्ध सेल्यूलोज हेमी सेल्युलोज की अपेक्षा अधिक प्रतिरोधक है। चर्बी तथा लिगनिन (Fat and lignin) इत्यादि की अपेक्षा हेमी सेल्युलोज के विच्छेदन से ऊर्जा की प्राप्ति अधिक होती है। इनके सड़ने की क्रिया जब मन्द पड़ जाती है, तब इनका कुछ भाग शेष पदार्थ के रूप में प्रस्तुत होकर प्रोटीन से मिलकर एक प्रकार का अत्यन्त जटिल कार्बनिक पदार्थ, जिसका नाम ह्यूमस है, उत्पन्न करता है। यद्यपि भिन्न-भिन्न शर्कराओं की विच्छेदन-क्रिया भिन्न-भिन्न गति से होती है, किन्तु विच्छेदन-क्रिया के मध्य में उत्पन्न होनेवाले पदार्थों में भिन्नता नहीं होती। इनमें लैक्टिक, एसेटिक तथा ब्यूटाइरिक (Lactic, acitic and butyric) अम्ल सम्मिलित हैं। इन यौगिकों पर आक्सीकरण का शीघ्र प्रभाव पड़ता है। जब ऑक्सिजन पर्याप्त मात्रा में रहता है तब कार्बन-डाई-ऑक्साइड और ओजोन (Ozone) उत्पन्न होता है। लिगनिन का विच्छेदन विलम्ब से होता है। तेल, मोम, चर्बी आदि के विच्छेदन से जो पदार्थ उत्पन्न होते हैं, वे शर्करा के विच्छेदित पदार्थों के समान ही हैं और वे ह्यूमस का निर्माण करते हैं। जीवाणु ऐक्टीनोमाईसीटीस (Actinomycetes) और फफूंदी शर्करा पर क्रियाशील होते हैं।

वनस्पति-प्रोटीन एमाइनो एसिड (Amino acid) में विच्छेदित हो जाते हैं। इस क्रिया में जीवाणु तथा फफूंदी सहायक होते हैं और कुछ नाइट्रोजन अपने कार्य के लिए उपयोग में लाते हैं। प्रोटीन का कुछ शेष भाग लिगनिन के साथ मिलकर ह्यूमस बनाता है। एमाइनो एसिड (Amino acid) और कार्बन-डाई-ऑक्साइड अमोनिया के यौगिक आदि में परिवर्तित हो जाते हैं। अमोनिया के यौगिक पदार्थ जीवाणुओं द्वारा नाइट्रेट में परिवर्तित हो जाते हैं और पौधे इसका उपयोग करते हैं।

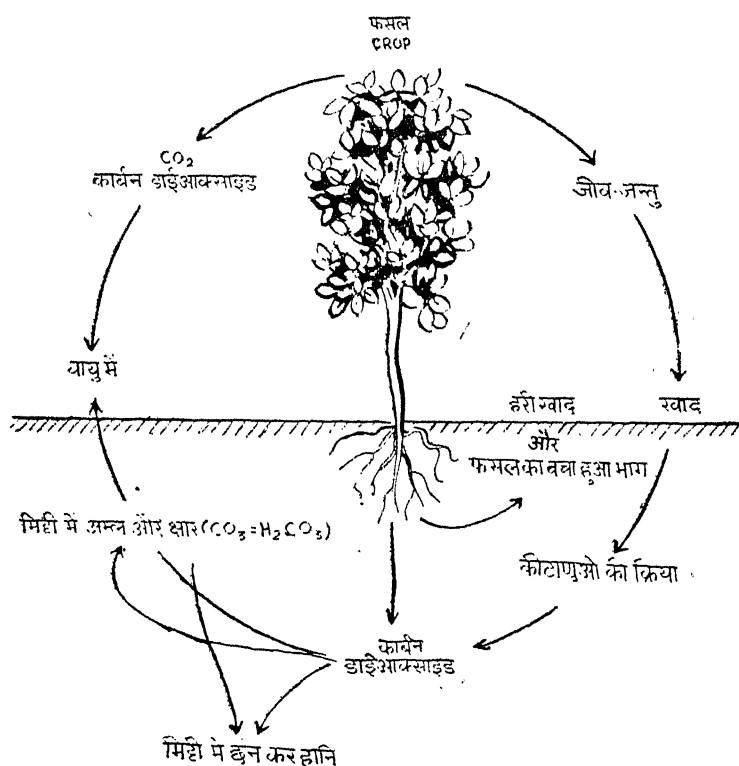
मिट्टी में खाद्य पदार्थ के रहने पर जीवाणु अति शीघ्र बढ़ने लगते हैं। इनका जीवन-काल न्यून होता है और ये क्रमशः विलयन और विश्लेषण (Dissolution and Synthesis) को प्राप्त होते रहते हैं। जब कार्बनिक द्रव्यों के सड़ने की क्रिया पूर्ण हो जाती है तब जीवाणुओं का कार्य भी बहुत मन्द हो जाता है और काले रंग के कलिल पदार्थ, ह्यूमस का निर्माण मिट्टी में होता है। मिट्टी में जीवाणुओं के बढ़ने के लिए केवल खाद्य पदार्थ की ही आवश्यकता नहीं है, किन्तु ऊर्जा की भी आवश्यकता पड़ती है। जीवांश में स्थित शक्ति (Potential energy) अधिक मात्रा में है और इसका अधिकांश भाग ताप तथा अन्य रूप में परिणत हो जाता है। १० टन गोबर की खाद, जिसमें ५,००० पौंड सूक्ष्म पदार्थ हैं, प्रायः १०.००० किलो केलोरी (Kilo-calories) गुप्त शक्ति प्रदान करती है। यही कारण है कि मिट्टी के जीवांश का प्रभाव खाद्य पदार्थों पर भी पड़ता है और इससे मिट्टी को ऊर्जा (Energy) प्राप्त होती है।

जीवांश विच्छेदन और सड़ने से ह्यूमस का निर्माण होता है। मिट्टी में यह ह्यूमस अत्यन्त जटिल और वैज्ञानिकों के लिए एक अज्ञेय पदार्थ है। जीवाणुओं के तथा अन्य कार्बनिक पदार्थों के सड़ने से मिट्टी में कार्बन-डाई-आक्साइड की उत्पत्ति तत्काल होती है। किन्तु नाइट्रेट नाइट्रोजन (Nitrate-Nitrogen) बहुत देर में बनता है। सूक्ष्म जीवाणुओं द्वारा जिन पदार्थों की रचना होती है, उनमें कार्बन, नाइट्रोजन, गंधक और फास्फोरस वर्तमान हैं। कार्बन की उत्पत्ति कार्बोनिक एसिड गैस (Carbonic-acid-Gas) के रूप में होती है। नाइट्रोजन अमोनिया के रूप में निकलता है। इसी प्रकार गंधक तथा फास्फोरस भी भिन्न-भिन्न यौगिक रूपों में उत्पन्न होते हैं। चित्र संख्या ५५ में कार्बनिक चक्र दिखलाया गया है।

कार्बन प्रत्येक जीवांश में प्रस्तुत है और इसका परिवर्तन मिट्टी के भीतर और बाहर दोनों ही स्थानों में होता है। इसी परिवर्तन को हम कार्बनचक्र कहते हैं और यही इस चित्र में दिखलाया गया है।

कृषि-भूमि में फसल अथवा अन्य पौधों के अवशेष से जीवाणुओं द्वारा कार्बन-डाई-आक्साइड उत्पन्न होता है। पौधों की जड़ों से भी कुछ मात्रा में यह गैस रूप में निकलता है। यह गैस वायु से मिलकर फिर पौधों के प्रयोग में आती है।

कुछ गैस कार्बनिक अम्ल में परिवर्तित होकर कैलसियम, मैगनीशियम, पोटाश आदि के लवण बनाती है और ये लवण जल में विलयित होकर जल के निकास के साथ बह जाते हैं। कार्बनिक अम्ल के विघटन से हाइड्रोजन-आयन (Hydrogen

ion) प्राप्त होता है और इस प्रकार कैलसियम-आयन (Calcium ion) घटता जाता है।

चित्र संख्या ५५—प्रकृति में कार्बन का आवर्तन

जीवांश के विच्छेदन से कार्बन-डाई-आक्साइड उत्पन्न होता है, लेकिन अमोनिया का लवण नाइट्रोजन के यौगिक से ही प्राप्त होता है।

ऊपर के कथन से यह पता चलता है कि जटिल कार्बनिक पदार्थ (Organic matter) मिट्टी में मिलकर, कीटाणुओं द्वारा तथा रासायनिक क्रिया से अन्य साधारण यौगिक पदार्थों में परिवर्तित हो जाते हैं। सारणी संख्या ४१ में ऐसे जटिल पदार्थों की मात्रा जो पौधों में पाये जाते हैं, दी गयी है।

सारणी संख्या ४१

पौधों में स्थित रासायनिक पदार्थ

(क) कार्बोहाइड्रेट्स (Carbohydrates)	१. चीनी और स्टार्च २. हेमी सेल्यूलोज ३. सेल्यूलोज	१–५% १०–२८% २०–५०%
(ख)	वसा, मोम और टैनीन (Fat, Wax, and Tainin)	१०–३०%
(ग) प्रोटीन (Protein)	१. जल में विलयनशील (Water-Soluble) २. अविलयनशील और जटिल (Crude)	१–१५% १०–३०%
(घ) लिगनिन		

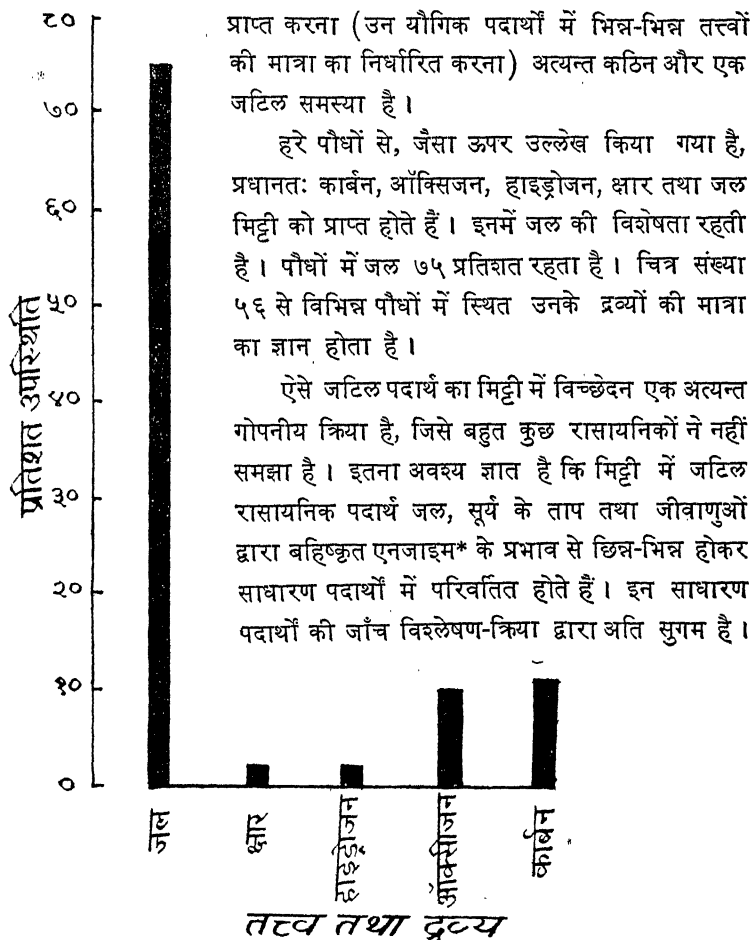
सारणी में जो मात्राएँ दी गयी हैं, उनसे यह पता चलता है कि कार्बोहाइड्रेट्स (Carbohydrates) पौधों में अधिक मात्रा में है और जब ये पौधे फसल के रूप में मिट्टी पर उपजते हैं, तब अपनी जड़ों, पत्तों और डंठलों को मिट्टी में मिल जाने देते हैं, जिससे मिट्टी के कार्बनिक पदार्थों में जटिल कार्बोहाइड्रेट्स की मात्रा अधिक हो जाती है। वसा (Fat) तथा मोम (Wax) इत्यादि कम मात्रा में पाये जाते हैं, इसी कारण से इनकी मात्रा मिट्टी में भी कम है। लिगनिन (Legnin) जो शर्करा के जैसा ही यौगिक पदार्थ है, अधिक मात्रा में पाया जाता है। प्रोटीन पौधों में सबसे कम मात्रा में पाये जाते हैं और इनकी मात्रा मिट्टी में भी कम है। कार्बोहाइड्रेट्स विभिन्न प्रकार के होते हैं और इन पर जीवाणुओं की क्रिया बहुत ही प्रबल होती है। और इनके रहने से जीवाणुओं की संख्या में वृद्धि भी होती है।

जीवाणुओं की वृद्धि होने से मिट्टी में नाइट्रोजन की कमी हो जाती है, क्योंकि नाइट्रोजन जीवाणुओं का आहार है। यह कभी-कभी पौधों के ऊपर बहुत हानिकारक प्रभाव डालता है। अधिकतर जीवाणु नाइट्रेट, नाइट्रोजन की कमी कर डालते हैं, और यह पदार्थ पौधों की जड़ों द्वारा शोषित होता है तथा पौधों के लिए नाइट्रोजन खाद्य का एक मुख्य अवयव है। यही कारण है कि कृषि-विशेषज्ञ मिट्टियों में बिना सड़ाये हुए पौधों और पत्तों का प्रयोग वर्जित करते हैं, क्योंकि बिना सड़ाये हुए पौधों में शर्करा की मात्रा अधिक होती है और नाइट्रोजन की हानि हो जाती है। कीटाणुओं की संख्या बढ़ जाती है और ये कुछ अंश में हानिकारक भी होते हैं तथा पौधों के खाद्य पदार्थों को स्वयम् उपयोग में लाकर उनकी उपज में बाधक होते हैं। वसा

और मोम (Fat and wax) इत्यादि जो पौधों से मिट्टी में आते हैं उन पर जीवाणुओं की क्रिया धीरे-धीरे होती है। इनका जब विध्वंस होता है तब अम्ल की उत्पत्ति होती है।

लिगनिन नामक रासायनिक पदार्थ मिट्टी में अत्यन्त कठिनाई से विच्छेदित होता है। यह प्रोटीन के साथ मिलकर एक प्रकार के अत्यन्त आवश्यक और जटिल कार्बनिक पदार्थ (Organic matter) की रचना करता है, जिसका नाम ह्यूमस है। मिट्टी में ह्यूमस की प्रधानता रहती है। इसके अनेक कारण हैं। प्रथम—यह पदार्थ मिट्टी में ठहराऊ है, इसका जीवाणुओं द्वारा विच्छेदन नहीं होता। द्वितीय—यह कार्बनिक कलिल (Organic colloid) के रूप में अकार्बनिक कलिल (Inorganic colloid) से संयुक्त होकर मिट्टी की संरचना (Structure) में लाभ पहुँचाता है। अवचूर्ण (Crumb structure) की रचना करके यह मिट्टी में जल-धारण शक्ति तथा धन आयन (Cation) शोषण शक्ति की वृद्धि करता है। यह ज्ञात है कि मिट्टी में कलिल की वृद्धि से वनस्पतियों द्वारा धन-आयन जैसे खाद्य पदार्थ के शोषण की क्रिया अधिक हो जाती है, क्योंकि कलिल की ऊपरी सतह का क्षेत्रफल अधिक होता है और यह पौधों की जड़ों के सम्पर्क में रहते हुए अपनी सतह पर धनआयन का शोषण करता है और इनका विनिमय इसकी सतह पर निरन्तर होता रहता है। इस क्रिया द्वारा तथा इनका पौधों की जड़ से सम्पर्क होने के कारण जड़ों को धन-आयन की प्राप्ति होती रहती है। ह्यूमस कलिल (Humus colloid) जो लिगनिन और प्रोटीन से मिलकर मिट्टी में बनता है, धनआयन विनिमय (Cation exchange) नामक क्रिया के लिए अति उपयोगी सिद्ध हुआ है। इस पदार्थ पर विनिमय क्रिया की मात्रा अकार्बनिक कलिल पर होनेवाली समान क्रिया की मात्रा की अपेक्षा कहीं अधिक है। इस विषय की चर्चा विशेष रूप से सप्तम परिच्छेद में की जायगी।

पौधों में प्रोटीन कम मात्रा में रहता है। इसमें नाइट्रोजन, हाइड्रोजन, गन्धक, फास्फोरस, कार्बन, ऑक्सिजन तथा अन्य द्रव्य पाये जाते हैं। इस कारण से यह जब पौधों द्वारा मिट्टी में प्राप्त होता है तब जीवाणुओं के लिए एक विशेष महत्त्वपूर्ण भोजन की सामग्री हो जाता है। बहुत-से लाभदायक जीवाणु प्रधानतः इतर-पुष्ट (Heterotrophic) जीवाणु प्रोटीन को अपने भोजन की वस्तु बनाते हैं।

ऊपर के वर्णन से यह पता चलता है कि पौधों के सड़ने से मिट्टी में जो पदार्थ बनते हैं उनका रासायनिक विश्लेषण तथा रासायनिक क्रियाओं द्वारा उनकी जानकारी

प्राप्त करना (उन यौगिक पदार्थों में भिन्न-भिन्न तत्त्वों की मात्रा का निर्धारित करना) अत्यन्त कठिन और एक जटिल समस्या है।

हरे पौधों से, जैसा ऊपर उल्लेख किया गया है, प्रधानतः कार्बन, ऑक्सिजन, हाइड्रोजन, क्षार तथा जल मिट्टी को प्राप्त होते हैं। इनमें जल की विशेषता रहती है। पौधों में जल ७५ प्रतिशत रहता है। चित्र संख्या ५६ से विभिन्न पौधों में स्थित उनके द्रव्यों की मात्रा का ज्ञान होता है।

ऐसे जटिल पदार्थ का मिट्टी में विच्छेदन एक अत्यन्त गोपनीय क्रिया है, जिसे बहुत कुछ रासायनिकों ने नहीं समझा है। इतना अवश्य ज्ञात है कि मिट्टी में जटिल रासायनिक पदार्थ जल, सूर्य के ताप तथा जीवाणुओं द्वारा बहिष्कृत एनजाइम* के प्रभाव से छिन्न-भिन्न होकर साधारण पदार्थों में परिवर्तित होते हैं। इन साधारण पदार्थों की जाँच विश्लेषण-क्रिया द्वारा अति सुगम है।

चित्र संख्या ५६—**पौधों में द्रव्यों और तत्त्वों की मात्रा**

* एक प्रकार का प्रोटीन जो जटिल रासायनिक पदार्थों के विच्छेदन और संश्लेषण-क्रिया में सहायता पहुँचाता है तथा क्रिया की गति में वृद्धि करता है, किन्तु स्वयं अपरिवर्तित रहता है।

विभिन्न तत्त्वों के साधारण पदार्थ, जो मिट्टी में जटिल रासायनिक पदार्थों से उत्पन्न होते हैं, उनका उल्लेख नीचे किया जाता है।

कार्बन—

CO_2	कार्बन-डाई-ऑक्साइड गैस
CO_3^-	कार्बोनेट लवण
HCO_3^-	बाई कार्बोनेट लवण
CH_4	मीथेन गैस

नाइट्रोजन—

NH_4^+	अमोनिया
NO_2^-	नाइट्राइट लवण
NO_3^-	नाइट्रेट लवण
N	नाइट्रोजन गैस

गंधक—

S	गन्धक
H_2S	सल्फरेटेड हाइड्रोजन गैस
SO_3	सल्फाइट लवण
SO_4	सल्फेट लवण
CS_2	कार्बन डाई सल्फाइड

फासफोरस—

$H_2PO_4^-$	फास्फोरिक अम्ल आयन
HPO_4^-	फास्फोरिक अम्ल आयन
PO_4^-	फास्फेट आयन

अन्य पदार्थ—

O	ऑक्सिजन गैस
H	हाइड्रोजन गैस
H_2O	जल
H^+	हाइड्रोजन आयन
OH^-	हाइड्रौक्सिल आयन
K^+	पोटाशियम आयन

Ca^{+} कैलसियम आयन

Mg^{+} मैगनीशियम आयन इत्यादि।

मिट्टी में कुछ कार्बनिक द्रव्य ऐसे भी हैं जो शीघ्र विच्छेदित होते हैं तथा कुछ पदार्थों के विच्छेदन में समय लगता है। ऐसे पदार्थों का विवरण नीचे दिया जाता है। (प, फ, ब)

(प) यौगिक (Compounds) जो हरे पौधों से मिट्टी में आते हैं—

१. कठिनता से विच्छेदित होनेवाले—

क. लिगनिन (Lignin)

ख. तैल (Oil)

ग. वसा, चर्बी इत्यादि (Fat etc.)

घ. रेजीन (Resin)

२. शीघ्रता से विच्छेदित होनेवाले—

क. सेल्युलोज (Cellulose)

ख. स्टार्च (Starch)

ग. शर्करा (Sugar)

घ. प्रोटीन (Protein)

(फ) यौगिक जो विच्छेदन के बाद आन्तरिक यौगिक के रूप में उत्पन्न होते हैं—

(क) ऐसे यौगिक जो विच्छेदन क्रिया का प्रतिरोध करते हैं —

१. रेजीन (Resin)

२. मोम (Wax)

३. तैल (Oil)

४. लिगनिन (Lignin)

(ख) विच्छेदित यौगिक पदार्थ—

१. एमाइनो अम्ल (Amino acid)

२. एमाइड (Amides)

३. अलकोहल (Alcohol)

४. एल्डीहाइड (Aldehyde)

(ब) मिट्टी में स्थित कार्बनिक द्रव्यों का अवशेष, जो अन्त में रह जाता है—

१. ह्यूमस एक कलिल जो लिगनिन और प्रोटीन से बनकर स्थित रह जाता है।

२. अन्य साधारण यौगिक—

कार्बन-डाई-आक्साइड और जल, नाइट्रेट, सल्फेट, फौस्फेट, कैलसियम के यौगिक।

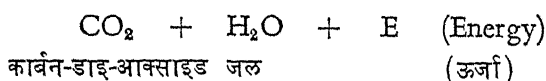
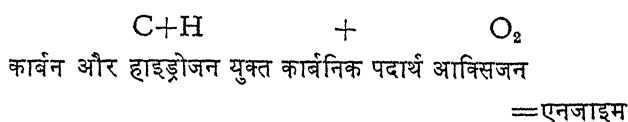
मिट्टी में कार्बनिक पदार्थों के विच्छेदन (Decomposition) की क्रिया एक दहन (Combustion) की क्रिया है। अधिकतर सभी पदार्थ आक्सीकरण (Oxidation) क्रिया द्वारा साधारण पदार्थों में परिवर्तित होते हैं और अंत में यदि वायुजीवी (Aerobic) जीवाणुओं का प्रकोप अधिक रहा, तब कार्बन के आक्सीकरण से कार्बन डाई-आक्साइड और हाइड्रोजन के आक्सीकरण से जल (H_2O) की उत्पत्ति होती है। नीचे दिये हुए रासायनिक समीकरण द्वारा यह अधिक स्पष्ट हो जाता है।

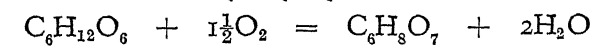
$$C+H \quad + \quad O_2$$

कार्बन और हाइड्रोजन युक्त कार्बनिक पदार्थ आक्सिजन

=एनजाइम

$$CO_2 \quad + \quad H_2O \quad + \quad E \quad (Energy)$$

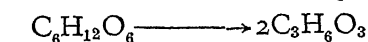
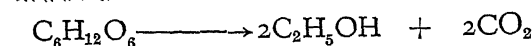
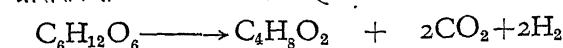
कार्बन-डाइ-आक्साइड जल (ऊर्जा)

अन्त तक होनेवाली रासायनिक प्रतिक्रिया के मध्य में अनेक कार्बनिक पदार्थों का निर्माण और उत्पादन होता रहता है, किन्तु अन्त में दो ही पदार्थ—एक जल और दूसरे कार्बन-डाई-आक्साइड—की उत्पत्ति होती है। सेल्यूलोज और स्टार्च का, जो कार्बोहाइड्रेट श्रेणी के जटिल यौगिक पदार्थ हैं, विच्छेदन अधिकतर जीवाणुओं द्वारा होता है। इनकी जीवन-क्रिया कार्बनिक यौगिक पदार्थों (Organic compound matters) पर निर्भर है। सेल्यूलोज और हेमी सेल्यूलोज पेनिसीलियम, ग्लाउकम (Penicillium glaucum) और ऐस्परगीलस नाईगर (Aspergillus Niger) नामक दो कवकों (Fungus) द्वारा विच्छेदित होते हैं। इस विच्छेदन-क्रिया के बाद जब ह्यूमस की मात्रा बढ़ जाती है और उसका निर्माण पूरा हो जाता है तथा लिग-निन नामक पदार्थ अधिक मात्रा में उपस्थित रहता है, तब ऐस्परगीलस माइन्यूटस (Aspergillus Minutes), अल्टरनारिया (Alternaria) और कलौडोसपोरियम (Calloidosporium) नामक तीन कवकों की उत्पत्ति होती है और इनकी क्रियाएँ बढ़ जाती हैं। कुछ प्रकार के कवक मिट्टी में लिगनिन का संश्लेषण भी करते हैं। इस प्रकार कवक द्वारा जटिल कार्बोहाइड्रेट, यौगिक पदार्थ मिट्टी में विच्छेदित होते है। फफूंद (Mould) भी इस क्रियामें हाथ बटाते हैं। कार्बोहाइड्रेट के विच्छेदन से और साथ-साथ प्रोटीन के मिलने से ह्यूमस नामक जटिल कार्बनिक पदार्थ की उत्पत्ति होती है।

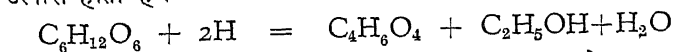
जीवाणुओं द्वारा जटिल कार्बोहाइड्रेट, जैसे सेल्यूलोज और स्टार्च के विच्छेदन से द्राक्षशर्करा (ग्लूकोज, Glucose) तथा इक्षुशर्करा (Secrose) की उत्पत्ति होती है। ये भी स्थायी रूप से मिट्टी में नहीं रह पाते। इन पर कवक तथा फफूँद (Mould) की क्रिया होती है और यह क्रिया विभिन्न प्रकार की होती है। यदि द्राक्ष-शर्करा पर कवक की क्रिया होती है तब नीचे दिये गये समीकरण के अनुसार विभिन्न प्रकार के अम्लों की उत्पत्ति होती है, यह ऑक्सिजन की मात्रा पर निर्भर है।

$$C_6H_{12}O_6 + 1\frac{1}{2}O_2 = C_6H_8O_7 + 2H_2O$$
द्राक्षशर्करा आक्सिजन साइट्रिक अम्ल जल

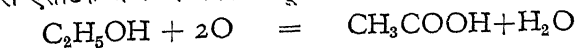
$$C_6H_{12}O_6 + 4\frac{1}{2}O_2 = 3C_2H_2O_6 + 3H_2O$$
द्राक्षशर्करा आक्सिजन औग्जालिक अम्ल जल

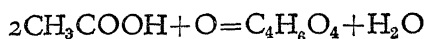
$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$$
द्राक्षशर्करा आक्सिजन कार्बन-डाई-आक्साइड जल

यदि शर्करा पर आक्सिजन-इतर जीवी (Anaerobic) जीवाणुओं की क्रिया हुई तथा ईस्ट (Yeast) की प्रतिक्रिया हुई, तब नीचे दिये हुए समीकरण के अनुसार विभिन्न रासायनिक द्रव्यों की उत्पत्ति होती है—

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_3H_6O_3$$
द्राक्षशर्करा लैक्टिक अम्ल

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$
द्राक्षशर्करा अलकोहल कार्बन-डाई-आक्साइड

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow C_4H_8O_2 + 2CO_2 + 2H_2$$
द्राक्षशर्करा ब्यूटाइरिक अम्ल

यदि द्राक्षशर्करा पर आक्सिजन-इतरजीवी जीवाणु और कवक (Fungi) की क्रिया हुई, तब नीचे दिये गये समीकरण के अनुसार अम्ल और अलकोहल दोनों की ही उत्पत्ति होती है।

$$C_6H_{12}O_6 + 2H = C_4H_6O_4 + C_2H_5OH + H_2O$$
द्राक्षशर्करा हाइड्रोजन फ्यूमेरिक अम्ल अलकोहल

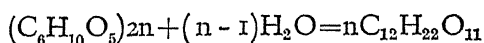
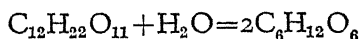
जब आक्सिजन की प्राप्ति हो जाती है तब अलकोहल भी आक्सीकरण क्रिया द्वारा एसेटिक अम्ल में बनकर फ्यूमेरिक अम्ल में परिवर्तित हो जाता है।

$$C_2H_5OH + 2O = CH_3COOH + H_2O$$
अलकोहल आक्सिजन एसिटिक अम्ल

$$2CH_3COOH+O=C_4H_6O_4+H_2O$$

फ्यूमेरिक अम्ल

स्टार्च जल-विश्लेषण क्रिया द्वारा डाएस्टैटिक एन्जाइम (Diastatic enzyme) की क्रिया से डेक्स्ट्रीन (Dextrien) तथा अन्त में मौल्टोज (Moltose) और द्राक्षशर्करा में परिवर्तित हो जाता है।

$$(C_6H_{10}O_5)2n+(n-1)H_2O=nC_{12}H_{22}O_{11}$$

स्टार्च माल्टोज

$$C_{12}H_{22}O_{11}+H_2O=2C_6H_{12}O_6$$

द्राक्षशर्करा

स्टार्च विभिन्न प्रकार के कवकों द्वारा अत्यन्त सुगमतापूर्वक विच्छेदित होता है। यह द्रव्य पौधों में अधिक मात्रा में रहता है और जब यह मिट्टी में पौधों द्वारा प्राप्त होता है, तब इस पर कवकों की क्रिया होने लगती है। इन कवकों में एसपरगिलस (Aspergillus) नामक कवक अधिकतर क्रियाशील होते हैं। ऐसपरगिलस के ही परिवार का एक कवक "ए-ओराईजी" ('A' oryzae) मिट्टी में स्थित स्टार्च को अत्यन्त सुगमतापूर्वक विच्छेदित करता है। जीवाणुओं के परिवार में स्पोरवाले जीवाणु, जैसे "बी–एमाइलोवोरस" ('B' Amylovorous), "बी–मेसेन्टेरिकस" ('B' Mesentericus) और "बी–मेसेरान्स" ('B' Macerans) अत्यन्त सुगमतापूर्वक मिट्टी में स्थित स्टार्च को विच्छेदित कर देते हैं।

सेल्यूलोज मिट्टी में पौधों द्वारा प्राप्त होता है। यह यौगिक कार्बनिक द्रव्य अत्यन्त अधिक मात्रा में पौधों में संश्लेषित होता है और इस कारण मिट्टी में स्थित कार्बनिक द्रव्यों में प्रारम्भ में, जब पौधे मिट्टी को प्राप्त होते हैं—यह और सभी द्रव्यों की अपेक्षा अत्यन्त अधिक मात्रा में पाया जाता है। किन्तु जैसे ही यह मिट्टी में पौधों द्वारा आता है, वैसे ही इस पर कवक और जीवाणुओं की प्रतिक्रिया होने लगती है। इनमें निम्नलिखित कीटाणु और कवक अत्यन्त क्रियाशील हैं।

१. आक्सिजन-जीवी जीवाणु (Aerobic Bacteria)

२. मिक्सो जीवाणु (Myxo Bacteria)

३. आक्सिजन-इतरजीवी जीवाणु (उष्णताप्रिय) (Anaerobic Bacteria Thermophyllic)

४. एक्टीनोमाइसेटेस (Actinomycetes)

५. फीलामेन्टस कवक (Fillamentus Fungi)
६. उच्च कोटि के कवक या मशरूम (Mushroom)
७. प्रोटोजोआ (Protozoa)
८. कीट इत्यादि (Insects)

सेल्यूलोज रासायनिक आक्सीकरण क्रिया का प्रतिरोध करता है और अत्यन्त कठिनता से रासायनिक क्रिया द्वारा मिट्टी में विच्छेदित होता है। जीवाणुओं द्वारा उत्पादित एक प्रकार का कार्बनिक प्रोटीन के जैसा द्रव्य "एनजाइम" इस पर सुगमता से प्रतिक्रिया करता है और यह विच्छेदित होकर साधारण शर्करा में परिणत हो जाता है। ऑक्सिजन-इतरजीवी जीवाणु सेल्यूलोज को मिट्टी में विच्छेदित करके उसे अलकोहल और कार्बनिक अम्ल में परिणत कर देते हैं।

सेल्यूलोज को छिन्न-भिन्न करने के लिए मिट्टी में यथेष्ट ताप, जल, वायु तथा पूर्ण रूप से नाइट्रोजन का रहना आवश्यक है।

सेल्यूलोज का विच्छेदन मिट्टी की अम्लता पर भी निर्भर है। कम अम्लता में जीवाणु जीवित रहते हैं। अम्लता बढ़ने से इनकी मृत्यु हो जाती है। ६.१ से ९.५ पी० एच० पर जीवाणु जीवित रहते हैं और सेल्यूलोज का विच्छेदन करते हैं।

(पी० एच० PH—अम्लता का माप है; PH—6 पर अम्लता तथा क्षारीयता दोनों ही समान हैं। जब यह संख्या घटती है तब अम्लता बढ़ती है और जब यह संख्या बढ़ती है तब क्षारीयता बढ़ती है) कवक अम्लता में जीवित रह सकते हैं तथा क्षारीयता में भी क्रियाशील रहते हैं। इनके जीवित रहने के लिए PH3—९.५ की अम्लता होनी चाहिए।

मिट्टी में स्थित विभिन्न प्रकार के जीव बिभिन्न तापमान पर सेल्यूलोज को विच्छेदित करते हैं। नीचे इसका उल्लेख विशेष रूप से विस्तारपूर्वक किया जाता है।

ऑक्सिजन-जीवी जीवाणु—तापमान—२०°–२८°C.
ऑक्सिजन-इतरजीवी जीवाणु— ,, ३७°C.
उष्णताप्रिय जीवाणु— ,, ५०–६५°C.

सेल्यूलोज की विच्छेदन-क्रिया में प्रवृत्त इन जीवाणुओं को नाइट्रोजन की आवश्यकता होती है। जैसे-जैसे इन जीवाणुओं की संख्या बढ़ती जाती है वैसे-वैसे ये नाइट्रोजन को भोजनस्वरूप शोषित करते जाते हैं और कार्बन-डाई-आक्साइड को बाहर निकालते जाते हैं।

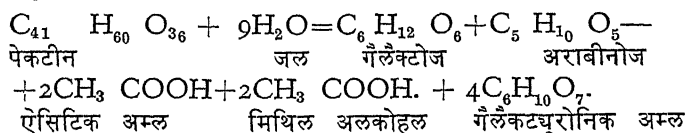
शर्करा उत्पन्न होती है जो मिट्टी में जीवाणुओं तथा कवकों के लिए भोजन की वस्तु है। भिन्न-भिन्न प्रकार की शर्करा भिन्न-भिन्न हेमी सेल्यूलोज (Hemicellulose) की जल-विश्लेषण क्रिया द्वारा उत्पन्न होती है और इनका नामकरण भी शर्करा के आधार पर हुआ है।

प्रोटीन एक प्रकार का जटिल कार्बनिक यौगिक है जो पौधों से मिट्टी में प्राप्त होता है। यह शर्करा अम्ल, अलकोहल प्रभृति कार्बनिक यौगिकों के योग से बना है। जब फल तथा शाक-भाजी, जिनमें पेकटीन (Pectin) की मात्रा अधिक होती है, सड़ने लगते हैं तब ऊपर लिखे हुए भिन्न-भिन्न अवयवों का उत्पादन इस क्रिया द्वारा होता है।

$$C_{41}H_{60}O_{36} + 9H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_5H_{10}O_5 -$$

पेकटीन जल गैलैक्टोज अराबीनोज

$$+2CH_3COOH + 2CH_3COOH. + 4C_6H_{10}O_7.$$

ऐसिटिक अम्ल मिथिल अलकोहल गैलैकट्यूरोनिक अम्ल

सेल्यूलोज और हेमी सेल्यूलोज की क्रिया समय, जल और नाइट्रोजन की मात्रा पर निर्भर है। जब पौधों के डंठल मिट्टी में मिलते हैं, यह क्रिया जल के वर्तमान रहने पर आरम्भ हो जाती है। पृ० २१४ की सारणी ४२ में जौ के डंठल में स्थित सेल्यूलोज और हेमी सेल्यूलोज का, मिट्टी में विच्छेदन समय और नाइट्रोजन से सम्बन्ध दिखलाया गया है।

मिट्टी में पौधों द्वारा लाये गये प्रोटीन को भी जीवाणु विच्छेदित करते हैं। कार्बन-डाई-आक्साइड और जल के अतिरिक्त अन्य भिन्न प्रकार के साधारण यौगिक नाइट्रोजन युक्त पदार्थ विच्छेदन क्रिया के बाद पाये जाते हैं। उदाहरणस्वरूप इनमें आप बहुत प्रकार के एमाइड (Amides) और एमाइनो अम्ल (Amino acid) पायेगें। प्रोटीन के विच्छेदन के लिए भी जीवाणु, कवक, फफूंदी एक्टीनोमाइसीटेस (Actinomycetes) की आवश्यकता है। एक बार एमाइनो अम्ल की उत्पत्ति हो जाती है, तब वह फिर जल-विश्लेषण क्रिया द्वारा कार्बन-डाई-आक्साइड तथा अमोनिया यौगिक पदार्थ में विच्छेदित हो जाता है। जीवाणुओं द्वारा अमोनियम यौगिक पदार्थ नाइट्रेट में परिवर्तित होकर पौधों के लिए नाइट्रोजन नामक खाद्य पदार्थ बन जाता है। इस प्रकार प्रोटीन मिट्टी में कुछ अंश में लिगनिन से मिलकर ह्यूमस का निर्माण करता है और कुछ जीवाणुओं तथा जल-विश्लेषण क्रिया द्वारा अमोनियम और नाइट्रेट के रूप में मिट्टी को उर्वरा बनाकर पौधों के लिए नाइट्रोजन खाद्य का माध्यम बन जाता है।

सारणी संख्या ४२

मिट्टी में सेल्यूलोज प्रभृति जटिल शर्करा के विच्छेदन का, जौ के पौधों की आयु से सम्बन्ध

वस्तुएँ	प्रतिशत विच्छेदन		
	पौधों की आयु, दिनों में		
	५९	८६	११२
हेमी सेल्यूलोज (Hemi-cellulose)	१५.३	१७.४	१९.३
सेल्यूलोज (Cellulose)	२४.६	३४.५	३९.१
लिगनिन (Lignin)	६.७	११.७	१५.७
पूर्ण विच्छेदन नाइट्रोजन की अनुपस्थिति	५६.३	३७.४	२७.१
पूर्ण विच्छेदन+अमोनियम फौस्फेट	—	६२.८	६०.२
हेमी सेल्यूलोज विच्छेदन	१४.४	१२.६	१०.४
हेमी सेल्यूलोज+अमोनियम सल्फेट	—	१६.०	१७.३
सेल्यूलोज विच्छेदन, नाइट्रोजन की अनुपस्थिति	२०.८	२४.३	२०.१
सेल्यूलोज विच्छेदन+अमोनियम सल्फेट	—	३१.८	३६.०

ऊपर के आँकड़ों से पता चलता है कि इस विच्छेदन क्रिया में नाइट्रोजन और फास्फेट का स्थान ऊँचा है। जहाँ भी अमोनियम फास्फेट का मिश्रण है, वहाँ प्रतिशत विच्छेदन अधिक है।

मिट्टी में प्रोटीन तथा अन्य नाइट्रोजन युक्त यौगिक पदार्थों का विच्छेदन

पौधों में प्रोटीन १ से २० प्रतिशत तक रहता है, प्रोटीन में ५० से ५५ प्रतिशत कार्बन रहता है। १५ से १९ प्रतिशत नाइट्रोजन रहता है, ६ से ७ प्रतिशत हाइड्रोजन और २१-२३ प्रतिशत ऑक्सिजन रहता है। मिट्टी में प्रोटीन का विच्छेदन जीवाणु

स्ट्रोप्टोमाइसेज (Streptomyces) तथा कवक द्वारा होता है। सारणी संख्या ४३ में इन जीवाणुओं तथा विभिन्न जीवित पदार्थों द्वारा मिट्टी में प्रोटीन का विच्छेदन और अमोनिया का निष्कासन दिखलाया गया है।

सारणी संख्या ४३

अमोनिया की उत्पत्ति मिलीग्राम प्रतिशत जीवाणुओं द्वारा ०.५ ग्राम प्रोटीन से ४० दिन में (वाक्समान और स्टार्के से)—

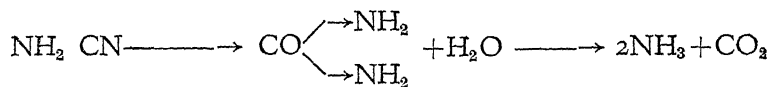
प्रोटीन	ओटिलाइटिक जीवाणु द्वारा	सटीलस जीवाणु द्वारा	स्ट्रेप्टोमाइसेस से	राइजोप से
जिलेटिन	२५.४५	४२.८२	३९.९९	१८.९८
केसीन	३७.५७	२३.४३	२१.८१	१८.५८
ग्लियाडीन	२९.९१	१४.५५	२१.४१	१८.५९
फाइब्रीन	१९.६	१८.५५	१६.१२	१८.५५
एल्बुमिन	१५.७५	१४.५४	१५.३५	११.३१
जीन	२५.८६	७.६८	८.८९	२.४३

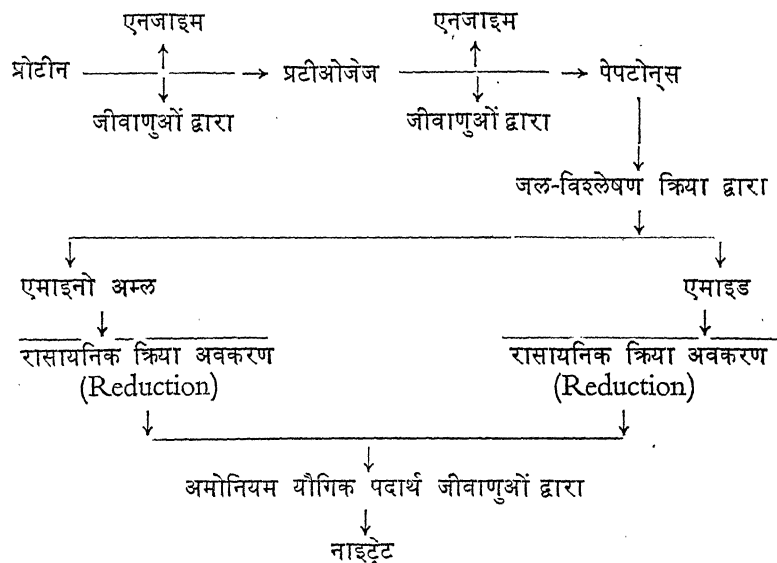
राइजोप कवक और एक्टीनोमाइसेस की अपेक्षा जीवाणु ने कोष पदार्थों का संश्लेषण कम किया और अधिक मात्रा में अमोनिया का निष्कासन किया।

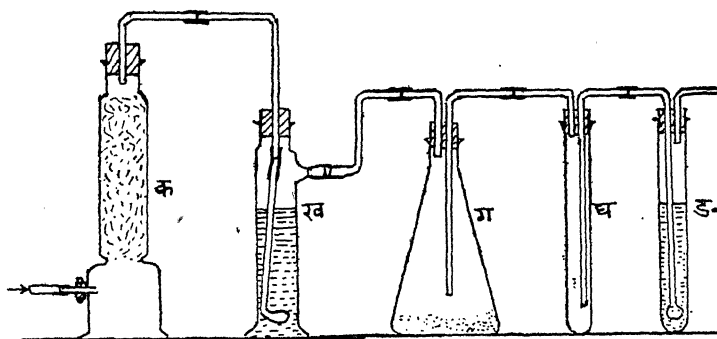
पौधों और जीव-जन्तुओं में प्रोटीन के साथ-साथ अन्य नाइट्रोजन युक्त पदार्थ भी रहते हैं। इनमें प्रधान यौगिक यूरिया, प्यूरीन क्षारीय पदार्थ (Purine bases), हिप्यूरिक अम्ल (Heppuric acid), लैसिथिन (Lacithin), कोलाइन (Choline), सायनामाइड (Cynamide), साएनाइड (Cyanide), एल्कोलाएड (Alkoloids) और चिटिन (Chitins) हैं। ये यौगिक भी जीवाणुओं द्वारा मिट्टी में विच्छेदित होते हैं। इनका विच्छेदन जीवाणुओं की प्रकृति पर तथा अन्य परिस्थितियों पर निर्भर है।

साइनामाइड (Cyanamide) प्रथम यूरिया (Urea) में परिवर्तित होता है, उसके बाद अमोनिया बनता है।

नीचे के रासायनिक समीकरण में यह स्पष्ट दिखलाया गया है।

$$NH_2\,CN \longrightarrow CO\begin{cases}\rightarrow NH_2\\ \rightarrow NH_2\end{cases} + H_2O \longrightarrow 2NH_3 + CO_2$$

सायनामाइड यूरिया जल अमोनिया कार्बन-डाई-आक्साइड

नीचे दी हुई व्यवस्था में प्रोटीन के विच्छेदन की क्रिया सुगमतापूर्वक समझी जा सकती है।

बसा या चर्बी इत्यादि मिट्टी में जीवाणुओं द्वारा उत्पादित एनजाइम लाइपेज (Enzime Lypase) की क्रिया से विच्छेदित होकर विभिन्न प्रकार के कार्बनिक यौगिक अम्ल में परिवर्तित हो जाते हैं। मिट्टी में जीवाणुओं के भरण-पोषण तथा प्रजनन के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है। प्रायः सभी प्रकार के जीवाणुओं को यह ऊर्जा मिट्टी में स्थित कार्बनिक द्रव्यों द्वारा प्राप्त होती है—जैसा कि विदित है, कार्बनिक द्रव्यों में स्थितिज ऊर्जा (Potential-energy) अधिक मात्रा में रहती है और इसका अधिक भाग अन्य प्रकार की ऊर्जा तथा ताप में परिवर्तित हो जाता है। प्रति ग्राम पौधों के टिसू (Tissue) को मिट्टी में दहन (Combustion) के लिए चार या पाँच किलो केलोरीज (Kilo-calories) ताप की आवश्यकता

होती है। १० टन कार्बनिक खाद में ५०,००० पौंड शुष्क पदार्थ रहता है और इसकी दहनक्रिया के लिए ९०,००,००० से १,१०,००,००० किलो केलोरी (Kilo calories) ताप की आवश्यकता होती है। भारतवर्ष की मिट्टियों में दो प्रतिशत से अधिक कार्बनिक पदार्थ नहीं रहता। इस पैमाने पर प्रति एकड़ ६ इंच गहराई की जमीन में (२०,००,००० पौंड भार) ४० हजार पौंड शुष्क कार्बनिक पदार्थ रहता है, जिसकी दहन क्रिया करने के लिए ७॥ करोड़ से ९ करोड़ किलो केलोरी ऊर्जा की आवश्यकता होती है। ऊर्जा की यह मात्रा उतने ही तापमान के बराबर है जितना २० से २५ टन कोयला जलाने में उत्पन्न होता है। इससे अनुमान कर सकते है कि मिट्टी में स्थित कार्बनिक पदार्थों की दहन-क्रिया द्वारा कितने बड़े पैमाने पर ऊर्जा की उत्पत्ति होती है। मिट्टी के जीवाणुओं से इस ऊर्जा की उत्पत्ति होती है। जीवाणु इस ऊर्जा का बहुत थोड़ा ही भाग काम में लाते हैं, शेष भाग तो यों ही ताप के रूप में अपाकृत (Dissipate) हो जाता है। मिट्टी में कार्बन-डाई-आक्साइड (CO_2) तभी निकलता है जब कार्बनिक पदार्थों का ध्वंस होने लगता है, इसलिए हमें मिट्टी में कार्बनिक पदार्थों की विच्छेदन क्रिया का पता कार्बन-डाई-आक्साइड की भाप से चल सकता है। इस भाप के लिए अनेक प्रकार के यन्त्र काम में लाये गये हैं। एक प्रकार का यन्त्र चित्र संख्या ५८ में दिया गया है।

चित्र संख्या ५८—**कार्बन डाई आक्साइड के भाप का यन्त्र**

कार्बन-डाई-आक्साइड मिट्टी में स्थित कार्बनिक अम्ल से तथा जीवाणुओं द्वारा बहिष्कृत वायु से उत्पन्न होता है। जैसे-जैसे कार्बनिक पदार्थ का दहन तथा विच्छेदन होता है, वैसे-वैसे कार्बन-डाई-आक्साइड निकलता जाता है। मिट्टी में

स्थित पौधों की जड़ें भी कुछ मात्रा में कार्बन-डाई-आक्साइड निकालती हैं। कुछ कार्बन-डाई-आक्साइड जल से मिलकर मिट्टी में कार्बनिक अम्ल बन जाता है, तत्पश्चात् कैलसियम, मैगनीशियम और पोटाशियम से मिलकर क्षार के रूप में वर्तमान रहता है। क्षार के विश्लेषण से जो कार्बनेट आयन (CO_3. HCO_3) निकलते हैं, वे बहुत कम मात्रा में जड़ों द्वारा पौधों में प्रवेश करते हैं। पौधों के लिए अधिकांश कार्बन वायु से पत्तों द्वारा प्राप्त होता है। इस क्रिया को हम प्रकाश-संश्लेषण (Photo synthesis) कहते हैं।

मिट्टी में ऊर्जा के अपाकरण (Dissipation) का माप कई विभिन्न देशों में किया गया है। इंग्लैंड में यह अपाकरण १०,००,००० किलो केलोरीज प्रति वर्ष प्रति एकड़ बिना खाद डाली गयी मिट्टी पर होता है। इससे अनुमान हो सकता है कि हमारे खेतों की मिट्टियों से कितनी ऊर्जा की हानि हो रही है।

मिट्टी में ह्यूमस की रचना

कई स्थानों पर इसकी चर्चा की गयी है कि ह्यूमस की रचना लिगनिन और प्रोटीन की प्रतिक्रिया से होती है। कार्बनिक पदार्थ मिट्टी से विच्छेदित होकर लिगनिन (Lignin) की उत्पत्ति करते हैं और यह पदार्थ प्रोटीन से मिलकर एक अति जटिल यौगिक उत्पन्न करता है। इतना कह देना तो साधारण-सी बात है, लेकिन इस जटिल पदार्थ की संश्लेषण क्रिया को समझना अति कठिन समस्या है। कृषि-रसायन के वैज्ञानिक आज तक इस क्रिया का पूर्ण पता नहीं लगा सके, यद्यपि इतना वे जानते हैं कि यह पदार्थ संश्लेषित होकर मिट्टी में बहुत अधिक समय तक अपरिवर्तित रहता है और सभी प्रकार की रासायनिक तथा जीवाणुओं द्वारा प्रेषित क्रियाओं का प्रतिरोध करता है। विभिन्न प्रकार की मिट्टियों में और विभिन्न जलवायु में भिन्न-भिन्न प्रकार के ह्यूमस पाये जाते हैं।

जब बहुत-से पत्ते तथा मरे हुए जानवर मिट्टी में मिलते हैं, अथवा जब सड़ी हुई खाद मिट्टी में दी जाती है, तब उस पर विभिन्न प्रकार के जीवाणुओं, फफूंदी तथा कवक की क्रिया होने लगती है। इस क्रिया द्वारा कार्बनिक पदार्थ विच्छेदित होने लगते हैं और मिट्टी में मिले हुए कार्बनिक पदार्थों के तत्त्व जीवाणुओं द्वारा उपयोग में लाये जाते हैं। इस उपयोग के बाद अन्त में कुछ कार्बनिक द्रव्य रह जाते हैं जो काले रंग के होते हैं और जिन पर जीवाणुओं की क्रिया अत्यन्त कम होने लगती है। इसी को ह्यूमस कहते हैं। ह्यूमस बनने के लिए मिट्टी में वायु, जल, ताप और अनुकूल अम्लता की आवश्यकता है। इसके बनने का क्रम कार्बनिक द्रव्यों की प्रकृति पर निर्भर

है। इसके तत्त्वों को जानकर हम यह नहीं बतला सकते कि यह कौन से कार्बनिक द्रव्य द्वारा उत्पन्न किया गया है।

ह्यूमस की यह परिभाषा साधारणतः सरल और एक ऐसे मनुष्य के लिए, जो वैज्ञानिक नहीं है, दी जा सकती है। किन्तु वैज्ञानिकों के लिए और खास तौर पर एक रासायनिक के लिए यह परिभाषा यथेष्ट नहीं है। रासायनिक को यह जानने की आवश्यकता होती है कि किसी भी यौगिक पदार्थ में कौन-कौन से तत्त्व वर्तमान हैं तथा विभिन्न तत्त्वों के अणुसमूह किस प्रकार का रूप धारण करते हैं और इनकी संरचना कैसी है। इस दृष्टिकोण को लेकर यदि हम ह्यूमस की व्याख्या करें तो हमें पूर्णतः असफलता प्राप्त होगी, क्योंकि वैज्ञानिकों ने ह्यूमस को शुद्ध रूप में नहीं पाया और इस कारणवश वे अणु-संरचना नहीं कर सके। फिर भी कुछ महत्त्वपूर्ण बातों से पता चलता है कि ह्यूमस उन कार्बनिक द्रव्यों से बना है जो मिट्टी में जीवाणुओं की क्रिया के बाद स्थिर हो गये हैं और सभी रासायनिक क्रियाओं का प्रतिरोध करते हैं। इन द्रव्यों के अन्तर्गत लिगनिन (Lignin), हेमीसेल्यूलोज (Hemicelluloses), कुछ प्रकार के प्रोटीन, मोम (Waxes) तथा टैनिन (Tannins) आदि हैं। ये सभी द्रव्य पौधों की जड़ों से, सड़े हुए पत्तों और पौधों के अवयवों से तथा मिट्टी में जीवाणुओं की संख्या की वृद्धि से और मिट्टी पर जीव-जन्तुओं के मृत शरीर के सड़ने से जो रासायनिक क्रिया होती है, उसके द्वारा मिट्टी में उत्पन्न होते हैं।

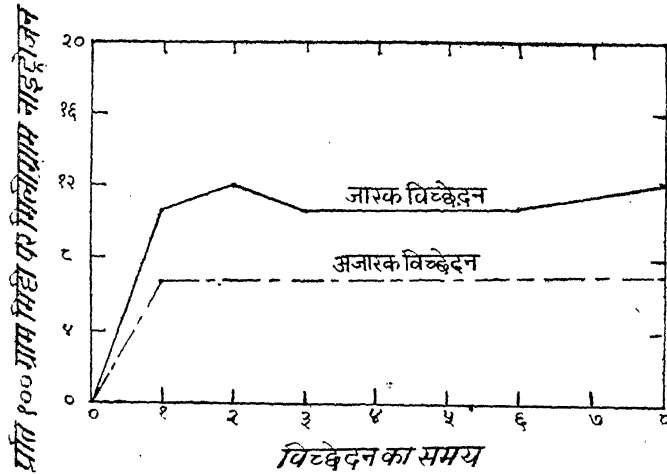
जब किसान भूमि पर से फसल काट लेते हैं, तब भूमि में फसल के ठूँठ और जड़ें रह जाती हैं। फसल के ऊपर के हिस्से की अपेक्षा इनका भी वजन कुछ कम नहीं होता। इसका अनुमान हम नीचे की सारणी संख्या ४४ से पा सकते हैं

सारणी संख्या ४४

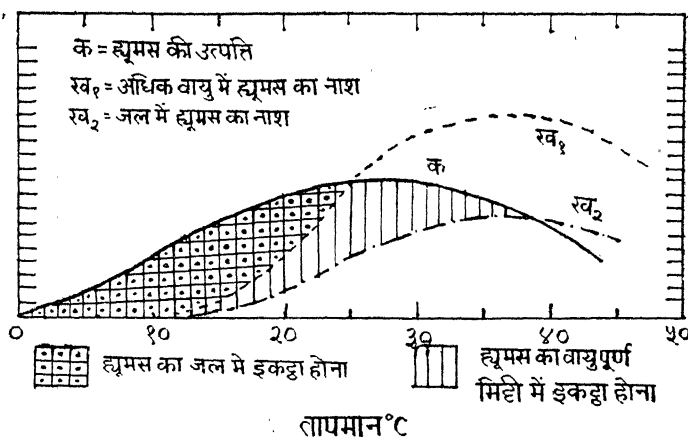
फसल के ठूठों तथा जड़ों का भार, जो मिट्टी में रह जाती हैं, पौंड प्रति एकड़

फसल	ऊपर के हिस्से का भार	ठूँठों का भार	जड़ों का भार
गेहूँ	७०९२	५९५	५९१
जौ	५०३७	२१६	२९३
बार्ली	७१५४	३५५	३६६

इस सारणी से यह पता चलता है कि ठूँठ और जड़ दोनों के ही द्वारा सम्पूर्ण फसल का एक बहुत बड़ा भाग कार्बनिक द्रव्य के रूप में मिट्टी में रह जाता है। ठूँठ और जड़ में ०.५ प्रतिशत नाइट्रोजन, ०.१ प्रतिशत फासफोरस और ०.५ प्रतिशत पोटाशियम रहता है। दलहन वाले पौधों में इनकी मात्रा दुगुनी या तिगुनी हो जाती है। जब ये फसल के अंश तथा अन्य जीव-जन्तु मिट्टी में सड़ने लगते हैं तब सड़ने की क्रिया के साथ-साथ इनका विच्छेदन होता है और आक्सिजन का शोषण होने लगता है तथा अधिक मात्रा में मिट्टी में ताप,कार्बन-डाई-आक्साइड (CO_2) और अमोनिया उत्पन्न होने लगता है। मिट्टी का रंग भी कुछ काला हो जाता है। सड़ने की क्रिया के बाद जो कार्बनिक द्रव्य रह जाते हैं वे तथा जीवाणुओं द्वारा निर्मित कार्बनिक पदार्थ मिलकर ह्यूमस की रचना करते हैं। इस प्रकार के विभिन्न पदार्थों से जब ह्यूमस की रचना होती है तब हम उसके भिन्न-भिन्न रासायनिक रूप पाते हैं। रासायनिक दृष्टिकोण से भिन्न-भिन्न जलवायु तथा मिट्टी पर निर्मित ह्यूमस भिन्न-भिन्न अणुरचना को प्राप्त हैं।

खाद के सड़ने की क्रिया, जिसमें ह्यूमस का निर्माण होता है, कई सप्ताह तक चलती रहती है। यह क्रिया ऑक्सिजन-सहजीवी तथा आक्सिजन-इतरजीवी दोनों ही

चित्र संख्या ५९—**कार्बनिक द्रव्यों के सड़ने से नाइट्रोजन की वृद्धि**

कीटाणुओं द्वारा होती है। खाद में जैसे-जैसे कार्बनिक द्रव्य सड़ते हैं वैसे-वैसे पौधों के लिए प्राप्य नाइट्रोजन भी बढ़ता जाता है। (देखिए रेखा-चित्र ५९)

ह्यूमस की मात्रा जलवायु पर निर्भर है। जलवायु से मिट्टी के तापमान तथा जल का सम्बन्ध है। चित्र संख्या ६० में ह्यूमस की मात्रा भिन्न-भिन्न तापमान पर दी गयी है। इसमें दोनों प्रकार की मिट्टियों का उल्लेख है। ऊँची जमीन, जहाँ वायु अधिक मात्रा में होती है और नीची जमीन, जिसमें पानी लग जाने से वायु की कमी होती है, दोनों में ही ह्यमस की मात्रा भिन्न-भिन्न तापमान पर दिखलायी गयी है।

चित्र संख्या ६०—**भिन्न-भिन्न तापमान पर ह्यूमस की मात्रा**

जैसा कि उल्लेख किया जा चुका है, भिन्न-भिन्न प्रकार की मिट्टियों में भिन्न-भिन्न प्रकार के ह्यूमस बनते हैं। ह्यूमस का रासायनिक विश्लेषण मिट्टी को घरिया (Crucible) में गरम करने से पाया जाता है। गरम करने के पहले मिट्टी का भार ले लिया जाता है। उसके बाद मिट्टी को ठंडा करके फिर भार ले लिया जाता है। इस प्रकार भार में जो कमी होती है, उसी को ह्यूमस मानते हैं। इस प्रकार ह्यूमस की मात्रा का अध्ययन उन मिट्टियों के लिए उपयुक्त हैं, जिनमें ह्यूमस अधिक अंश में रहता है, किन्तु उन मिट्टियों के लिए जिनमें इसकी मात्रा कम रहती है, इसके विश्लेषण की क्रिया रासायनिक ढंग से की जाती है। मिट्टी का पोटाशियम डाईक्रोमेट (Potassium dicromate) और सलफ्यूरिक एसिड द्वारा आक्सीकरण किया जाता है। इस क्रिया में जितने कार्बनिक पदार्थ हैं, वे कार्बन-डाई-ऑक्साइड (CO_2) बन जाते हैं। डाइक्रोमेट (Dicromate) का उपयोग होता

है और बचे हुए डाइक्रोमेट को लोहस अमोनियम सल्फेट (Ferrous Ammonium Sulphate) से अनुमापन (Titrate) करने पर हमको कार्बनिक कार्बन की मात्रा का ज्ञान हो जाता है। साधारणतः यह पता लगाया गया है कि १०० ग्राम ह्यूमस में ५८ ग्राम कार्बनिक कार्बन (Organic carbon) होता है, इसलिए कार्बनिक कार्बन को $\frac{१००}{५८}$ =१.७२४ से गुणा करने से हमें ह्यूमस की मात्रा का ज्ञान होता है।

नीचे दी गयी सारणी संख्या ४५ में भिन्न-भिन्न प्रकार की मिट्टियों में पाये गये कार्बनिक पदार्थों का विश्लेषण दिया गया है।

सारणी संख्या ४५

भिन्न-भिन्न मिट्टियों का रासायनिक विश्लेषण शुष्क मिट्टी पर

क्रम सं०	मिट्टी का वर्णन	अम्लता P. H. में प्रतिशत	ऊष्मा द्वारा भार हानि प्रतिशत	कार्बन × १.७२ प्रतिशत	पूर्ण नाइट्रोजन प्रतिशत	कार्बन नाइट्रोजन अनुपात
१	साधारण मिट्टी	६.८	७.९	४.५	०.२४	११
२	शेरनेजोम मिट्टी कैन्सस	७.६	६.०	२.७	०.१५	१०
३	शेरनेजोम मिट्टी एलवर्टा	६.४	१७.१	११.२	०.६७	१०
४	भूरी मिट्टी	८.३	१०.३	६.२	०.३३	११
५	शेरनेजोम मैनिटोवा	८.३	१०.०	७.४	०.४०	११
६	पोरारी मिट्टी	७.८	१०.२	६.५	०.३२	१२

ऊपर के आँकड़ों से पता चलता है कि भिन्न-भिन्न मिट्टियों में प्रज्वलन (Ignition) से भार में जो कमी होती है वह, तथा कार्बनिक कार्बन और नाइट्रोजन भिन्न-भिन्न मात्रा में पाये जाते हैं। किंतु कार्बनिक कार्बन और नाइट्रोजन का अनुपात भिन्न-भिन्न मिट्टियों में करीब-करीब बराबर ही है।

नीचे की सारणी संख्या ४६ में पूर्व सारिणी (संख्या ४५) में लिखित मिट्टियों मे पाये जानेवाले कार्बनिक द्रव्यों का रासायनिक विश्लेषण दिया जाता है।

सारणी संख्या ४६

भिन्न-भिन्न मिट्टियों में कार्बनिक द्रव्यों का विश्लेषण

पूर्ण कार्बनिक द्रव्य × १.७२ (c × 1.72) के आधार पर

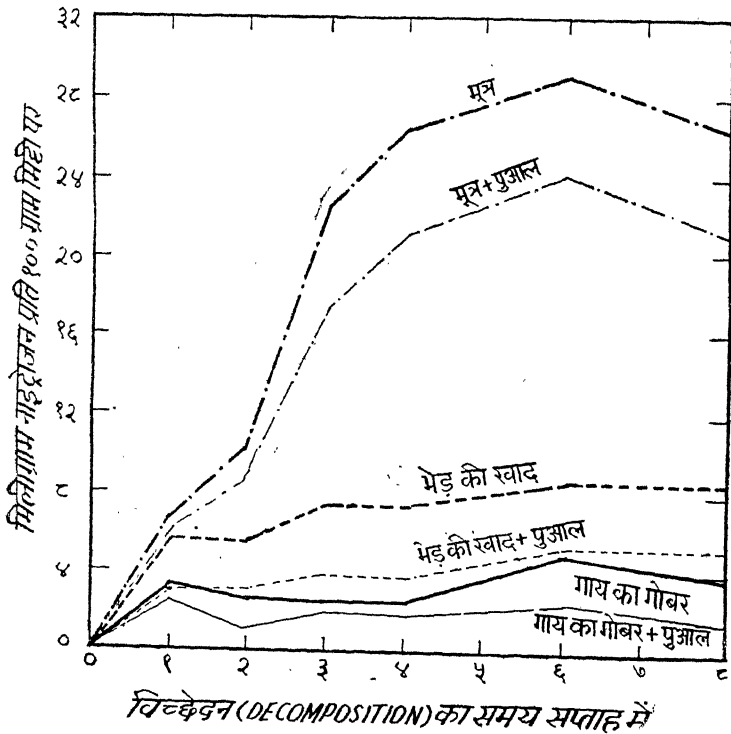
सारणी सं० ४५ की मिट्टी संख्या	ईथर में विलयन प्रतिशत	अलकोहल में विलयन प्रतिशत	हेमी-सेल्यूलोज प्रतिशत	सेल्यूलोज प्रतिशत	लिगनिन ह्यूमस संमिश्रण प्रतिशत	प्रोटीन प्रतिशत
१	३.६	०.६	५.४	३.६	४३.४	३३.८
२	४.७	१.५	८.६	५.२	४०.८	३४.७
३	०.८	०.८	५.५	४.१	४१.९	३७.४
४	१.०	०.९	७.०	३.५	४२.०	३३.३
५	०.५	०.८	८.५	२.८	४२.८	३३.४
६	०.६	०.६	८.२	३.६	४२.३	३०.४

ऊपर के आँकड़ों से यह प्रत्यक्ष ज्ञात होता है कि ह्यूमस की बनावट कितनी जटिल है। प्रत्येक मिट्टी में हम रासायनिक अवयवों की मात्रा भिन्न-भिन्न पाते हैं। ऐसी अवस्था में ह्यूमस को हम एक शुद्ध रासायनिक द्रव्य नहीं मान सकते। इतना हमें अवश्य ज्ञात है कि यह जटिल रासायनिक द्रव्य मिट्टी में कोलाएड (कलिल, Colloid) के रूप में वर्तमान रहता है और इस अवस्था में मिट्टी के कोलाएड से मिलकर यह मिट्टी की रचना को कृषि के हेतु अत्यन्त लाभदायक बनाता है। इस अवस्था में यह कैलसियम आयन (Calcium ion) को शोषित करता है और कोलाएड की सतह पर विनिमय की क्रिया को बढ़ाता है।

ह्यूमस तीन प्रकार से मिट्टी को लाभ पहुँचाता है—(१) भौतिक, (२) रासायनिक तथा (३) जैविक (Biological)।

ह्यूमस से मिट्टी को भौतिक लाभ होता है। मिट्टी का रंग, रचना, कणाकार विन्यास इत्यादि पौधों की वृद्धि के लिए लाभदायक हो जाते हैं। जल और वायु-धारण शक्ति बढ़ जाती है। रासायनिक लाभ भी होता है। मिट्टी में खनिज विलयनशील

हो जाते हैं और कुछ तत्त्व पौधों के लिए प्राप्य हो जाते हैं, जैसे लोह (Iron)। जीवाणुओं की संख्या में वृद्धि हो जाती है, क्योंकि जीवाणु ह्यूमस को पाकर अपनी जैविक क्रिया सुगमता-पूर्वक स्थिर रख सकते हैं। जीवाणुओं की वृद्धि से अनेक द्रव्य, जैसे फास्फेट, पोटाश, कैलसियम तथा लोह पौधों के लिए प्राप्य हो जाते हैं।

मिट्टी को बहुत दिन तक जोत में रखने से कार्बनिक द्रव्य तथा ह्यूमस का ह्रास होता रहता है। जब परती जमीन पर खेती शुरू होती है तब उसमें स्थित ह्यूमस कम होने लगता है। ह्यूमस का विच्छेदन होने लगता है और फसल द्वारा कार्बनिक द्रव्यों की प्राप्ति से जो ह्यूमस बनता है, उससे इस कमी की पूर्ति नहीं हो पाती। इसलिए मिट्टी की उर्वरा शक्ति को कायम रखने के लिए बाहर से ह्यूमस डालने की आवश्यकता है और यह कमी गोबर या पेड़-पौधों को सड़ाकर खाद डालने से पूरी होती है।

चित्र ६१—मूत्र आदि की मिलावट से खाद में नाइट्रोजन की वृद्धि

सड़ी हुई खाद में ह्यूमस और पौधों के लिए प्राप्य नाइट्रोजन अधिक मात्रा में रहता है। चित्र संख्या ६१ में, भूसा और मूत्र तथा गोबर के मिलने से जो खाद उत्पन्न होती है, उसमें नाइट्रोजन की मात्रा दी गयी है।

चित्र में दी गयी रेखाओं से पता चलता है कि मूत्र की मिलावट से खाद में प्राप्य नाइट्रोजन की वृद्धि हो जाती है और खाद बहुत शीघ्र सड़कर ह्यूमस के रूप में प्राप्य हो जाती है।

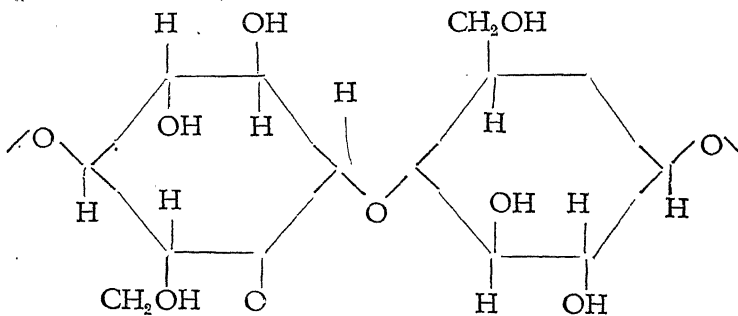
अधिक दिनों तक खेत को जोतने से जो नाइट्रोजन की कमी होती है, वह इसी खाद से पूर्ण होती है। अनुसंधान द्वारा यह ज्ञात हुआ है कि २२ वर्षों की जुताई में १०० पौंड नाइट्रोजन प्रति एकड़ मिट्टी में कम हो जाता है। इस अवधि में २५ प्रतिशत कार्बनिक द्रव्यों का ह्रास हो गया और ४० वर्षों में ६० प्रतिशत का।

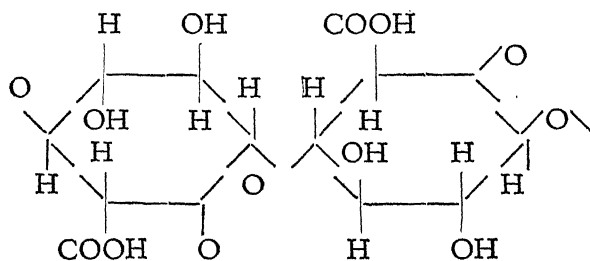
यह पहले लिखा जा चुका है कि ह्यमस मिट्टी में लिगनिन और प्रोटीन की प्रतिक्रिया से बनता है। इसलिए लिगनिन (Lignin) की रासायनिक रचना की चर्चा करना आवश्यक है।

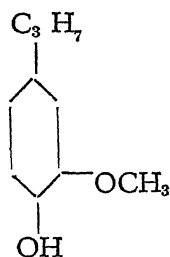
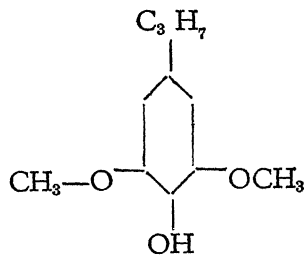
पौधों के डंठल में लिगनिन अधिक पाया जाता है। यह सेल्यूलोज प्रभृति जटिल शर्करा (Poly saccharide) को बाँधकर रखता है, जिससे कोशिका-भित्ति (Cell-wall) का निर्माण होता है।

सेल्यूलोज द्वारा कोशिका-भित्ति (Cell-wall) के निर्माण में बाँधने की क्रिया को पर्पटीछादन (Encrustment) कहते हैं। यह क्रिया लिगनिन के अतिरिक्त एक अन्य रासायनिक यौगिक द्वारा भी सिद्ध होती है। उसका नाम है यूरीनिक अम्ल (Poly urinic acid)

सेल्यलोज तथा पोली यूरीनिक अम्ल (Poly urinic acid) का रासायनिक सूत्र नीचे दिया जा रहा है।

H OH CH_2OH
H
OH H H
O O
H H OH H H
CH_2OH O H OH

सेल्यूलोज मात्रक (Cellulose unit)—सेल्यूलोज कई ग्लूकोज नामक शर्करा के परमाणुओं द्वारा निर्मित होता है। एक-एक ग्लूकोज परमाणु को मात्रक (यूनिट) कहा जाता है।

```
          H     OH          COOH
          |     |            |
   O     /|-----|\ H    H  / |-------/O
    \ / OH     H \|    |/ H        \ 
     |\ H        / \  / \OH    H  /|
   H  \|-------/  O     \|-------|/ H
        |      |          |       |
      COOH     O          H       OH
```

पौली ग्लूक्यूरोनिक अम्ल (Poly glucuronic acid)—यह अम्ल अनेक ग्लूक्यूरोनिक अम्ल के परमाणुओं के योग से बनता है। जैसा कि सेल्यूलोज में बतलाया गया है, प्रत्येक ग्लूक्यूरोनिक अम्ल का परमाणु इसके अंग का एक हिस्सा है और इसको मात्रक (Unit) कहते हैं। लिगनिन के रासायनिक सूत्र का अभी पता नहीं चला है। उसके भिन्न-भिन्न मात्रकों का कुछ-कुछ पता चल गया है। प्रत्येक लिगनिन परमाणु में प्रतिस्थापित फेनिल प्रोपेन (Substituted Phenyl propane) का परमाणु-समूह रहता है। कुछ प्रतिस्थापित फेनिल प्रोपेन के सूत्र नीचे दिये जाते हैं।

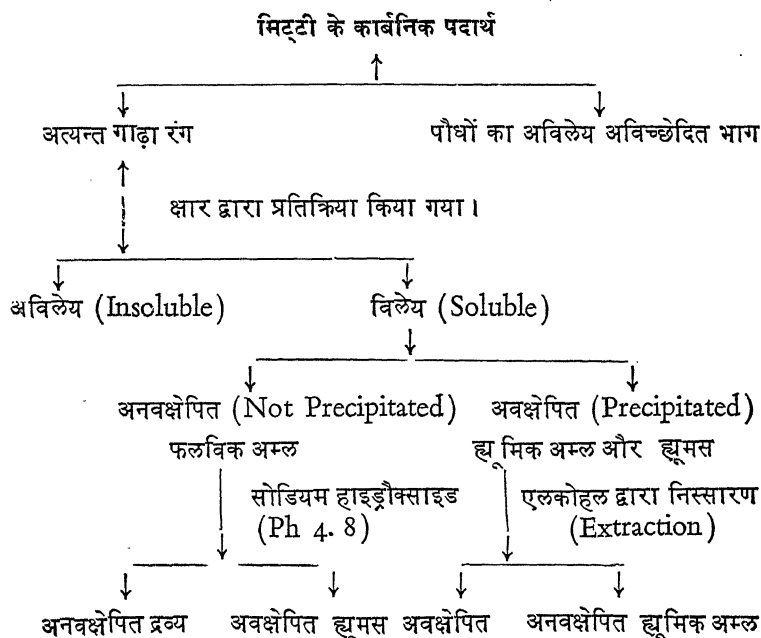
```
  C3H7          C3H7                      C3H7
   |             |                         |
  / \           / \                       / \
 |   |         |   |                     |   |
 |   |         |   |                     |   |
  \ /           \ /‾‾OCH3      CH3—O‾‾    \ /‾‾OCH3
                 |                         |
                 OH                        OH
```

फेनिल प्रोपेन	गेयासिल	सिरिंगिल
(Phenyl Propen)	(Guaiacyl)	(Syringyl)

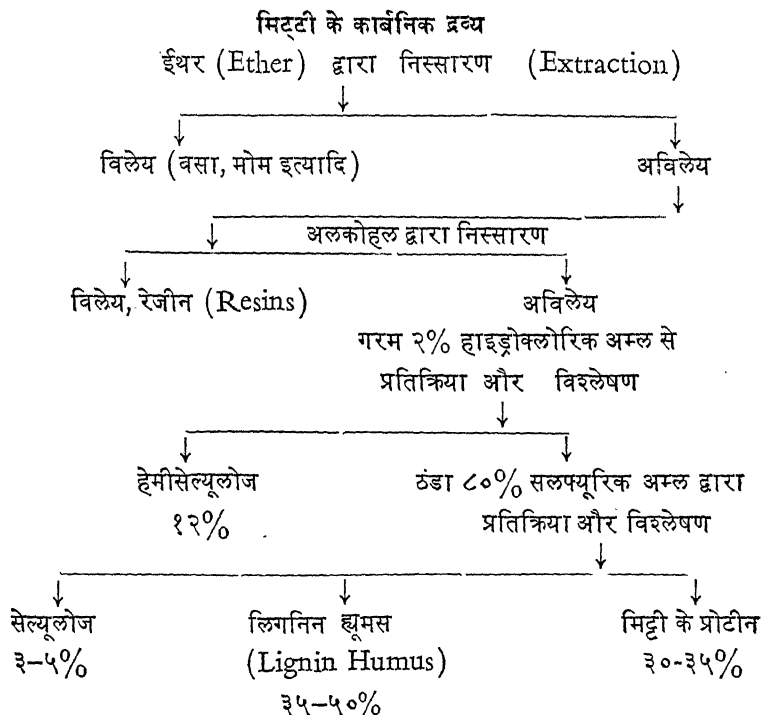
सेल्यूलोज की अपेक्षा लिगनिन (Lignin) में कार्बन अधिक रहता है और ऑक्सिजन की मात्रा कम रहती है। इसका परमाणु भार ६५० के लगभग होता है। लिगनिन की रचना और उसके रासायनिक सूत्र सभी अवस्था में एक नहीं

रहते। इसमें भिन्नता पायी गयी है। लिगनिन और सेल्यूलोज में औसत प्रतिशत कार्बन, हाइड्रोजन, ऑक्सिजन की मात्रा नीचे दी जाती है।

	कार्बन	हाइड्रोजन	ऑक्सिजन	
लिगनिन	६१.६४%	५–६%	३०%	
सेल्यूलोज	४४.५%	६.२%	४९.३%	

ह्यूमस के बनने की क्रिया तथा उसके रासायनिक सूत्र का पता ठीक-ठीक नहीं चला है। बहुत कुछ ज्ञान हमें मिट्टी में स्थित ह्यूमस के प्रभाजन (Fractionation) से चला है। प्रभाजन क्रियाएँ अनेक हैं, किन्तु इनमें से दो क्रियाओं का उल्लेख यहाँ किया जाता है।

पहली क्रिया अम्ल और क्षार द्वारा की गयी है, उसका ज्ञान नीचे के रेखावृक्ष से प्रकट होता है।

ऊपर दी हुई प्रभाजन क्रिया बर्थेलो (M. Berthelot), आन्द्रे (G. Andre), श्रेनर (O. Schreiner) तथा श्मक (A. Schmuck) द्वारा की गयी है।

मिट्टी में स्थित कार्बनिक द्रव्यों के प्रभाजन की दूसरी क्रिया अमेरिका के प्रसिद्ध जीवाणु-शास्त्रवेत्ता वाक्समैन (Walksman) द्वारा प्रस्तुत की गयी है। इसके लिए नीचे के रेखावृक्ष में देखिए—

अम्ल और क्षार द्वारा प्रभाजन क्रिया से यह पता चलता है कि क्षार में अविलेय द्रव्यों को ह्यूमिन (Humin) कहा जाता है तथा जो द्रव्य क्षार में विलेय हैं और अम्ल में अविलेय हैं, उनको ह्यूमिक अम्ल (Humic acid) कहा जाता है। क्षार और अम्ल दोनों में ही जो विलेय हैं उनको फलविक अम्ल (Fulwic acid) कहते हैं। ह्यूमिक अम्ल उस द्रव्य का नाम है जो क्षार में विलेय है किन्तु अम्ल और अलकोहल में अविलेय है। यह पुराना नामकरण वर्त्तमान काल में भी प्रचलित है। मिट्टी में कार्बनिक द्रव्यों के प्रभाजन से जो भिन्न द्रव्य निकलते हैं उनका नामकरण ऊपर

दिया गया है, किन्तु इस नामकरण से यह नहीं समझना चाहिए कि इन द्रव्यों के रासायनिक सूत्र का पता चल चुका है। इसके विपरीत यह कहना उचित होगा कि इन द्रव्यों का कुछ भी यथेष्ट ज्ञान हमें प्राप्त नहीं है और आज भी हम इनकी रासायनिक बनावट और सूत्र से अनभिज्ञ हैं। यही कारण है कि हमें विभिन्न प्रकार की मिट्टियों में जो ह्यूमस प्राप्त होते हैं उनमें रासायनिक तत्त्वों की मात्रा समान नहीं है। नीचे की सारणी संख्या ४७ से यह स्पष्ट है।

सारणी संख्या ४७

विभिन्न प्रकार की मिट्टियों से प्राप्त ह्यूमस में प्रतिशत कार्बन की मात्रा

मिट्टी का रूप Soil Type	पूर्ण कार्बन प्रतिशत C/T	एसिटाइल ब्रोमाइड (Acetyl Bromide) में अविलेय कार्बनCH	$100 \times \frac{CH}{CT}$ विच्छेदन अंश	C_4 प्रतिशत भूरा ह्यूमिक अम्ल=B.	भस्मरंग ह्यूमिक अम्ल=G.	ह्यूमिन	B+G.G
पौडजौल (Podzol)	२.५	२.१	८६	६८	६	२४	८
प्रेएरी (Prairie)	६.०	४.६	७५	७०	१९	१३	२१
काली मिट्टी (Black earth)	६.४	४.३	६७	४६	१९	३१	२१
चेस्टनट, (Chestnut.)	२.४	१.९	८१	७२	१४	९	१६

जर्मनी के वैज्ञानिकों का मत है कि जो कार्बनिक द्रव्य मिट्टी में ह्यूमस की अवस्था में नहीं रहता, वह एसिटाइल ब्रोमाइड (Acetyl Bromide) नामक यौगिक द्वारा ह्यूमस से पृथक् किया जा सकता है। इस सिद्धान्त पर ऊपर की सारणी सं० ४७ में एसिटाइल ब्रोमाइड द्वारा अविलेय कार्बन को "CH" अर्थात् ह्यूमस में स्थित कार्बन के नाम से दर्शित किया गया है। कारण यह है कि ह्यूमस एसिटाइल ब्रोमाइड नामक यौगिक में अविलेय होता है। ऊपर की सारणी में आप विभिन्न प्रकार की मिट्टियों में

इस कार्बन को भिन्न-भिन्न मात्रा में पायेंगे। यह कार्बन ह्यूमस का द्योतक है और इससे यह सिद्ध होता है कि मिट्टियों के जो रूप (Type) हैं उनमें ह्यूमस की बनावट अलग-अलग है।

वैज्ञानिकों का कहना है कि भिन्न प्रकार के ह्यमिक अम्ल में भिन्न-भिन्न मात्रा में पुरुभाजित (Polymerised) कार्बनिक द्रव्य निहित रहते हैं, जिसके कारण भिन्न-भिन्न ह्यूमसों में कार्बनिक द्रव्य समान मात्रा में नहीं पाये जा सकते। उनमें कार्बन, हाइड्रोजन, नाइट्रोजन और ऑक्सिजन भस्म के साथ मिले रहते हैं।

ह्यूमस के रासायनिक सूत्र (Chemical formula) का पता कुछ-कुछ उसमें स्थित कार्बनिक द्रव्यों के विश्लेषण द्वारा चलता है।

मिट्टी में ह्यूमस दो प्रधान द्रव्यों से बनता है; एक है लिगनिन, जो पौधों में रहता है और उन्हीं के द्वारा मिट्टी में आता है। दूसरे वे द्रव्य हैं जिन्हें हम अणुजीवों द्वारा संश्लेषित होकर उनके उत्सर्ग (Excretra) के रूप में मिट्टी में पाते हैं।

जब लिगनिन मिट्टी में ह्यूमस के रूप में परिवर्तित होता है, तब उस क्रिया का रासायनिक रूप से अध्ययन किया जा सकता है। इसमें दो भिन्न क्रियाओं का समावेश है; एक ऑक्सीकरण, जिससे कार्बनिक परमाणु के वर्ग कार्बौक्सिल (Carboxyl —COOH) का संश्लेषण होता है और उसके समूह में वृद्धि होती है। इस वर्ग-समूह पर ऋणायन (Anion) का आधिपत्य है, यही कारण है कि ह्यूमस के कलिल (Colloidalhumus) पर धन-आयन (Cation) के शोषण की शक्ति अकार्बनिक कलिल के प्रति अत्यन्त अधिक है। यह ऑक्सीकरण वायु और क्षार (Alkaline medium) की उपस्थिति में होता है। यदि मिट्टी में अमोनिया रहा तब यह भी इस क्रिया में भाग लेता है। यह ज्ञात नहीं है कि अमोनिया कार्बौक्सिल (–COOH) वर्ग के साथ किस प्रकार मिलकर ह्यूमस का संश्लेषण करता है। इस ऑक्सीकरण क्रिया का प्रभाव जाना जा सकता है। जैसे-जैसे ऑक्सिजन का शोषण बढ़ता जाता है वैसे-वैसे (pH6) पर विनिमय (Exchange capacity) तथा अमोनिया के विलयन से नाइट्रोजन लेने की शक्ति बढ़ती जाती है।

लिगनिन के ऑक्सीकरण से ह्यूमस के निर्माण में कार्बौक्सिल (–COOH) नामक कार्बनिक वर्ग की वृद्धि होती है तथा हाइड्रौक्सिल (Hydroxyl) नामक वर्ग कार्बौक्सिल (–COOH) में परिणत हो जाता है।

फौरसिथ (W.G.C. Forsyth) ने ह्यूमस के ह्यूमिक अम्ल को रासायनिक प्रभाजन (Chemical fractionation) द्वारा दो भागों में बाँटा है। एक तो वह

जिसका जल विश्लेषण हो सकता है और जो प्रोटीन और कार्बोहाइड्रेट के रूप में ह्यूमस के अणु में पाया जाता है, और दूसरा वह जिसमें ऊपर दिये गये कार्बनिक वर्ग वर्तमान हैं। ह्यूमस में जो कार्बोहाइड्रेट वर्त्तमान हैं वे उसके अणु के भाग नहीं हैं, केवल मिलावट के समान है, क्योंकि उनको पीरीडीन (Pyridine) नामक विलायक (Solvent) द्वारा पृथक् किया जा सकता है।

ह्यूमस पर अम्ल की प्रतिक्रिया होने से फलविक अम्ल (Fuluric acid) प्राप्त होता है, जो विलयन की दशा में निकाला जा सकता है। फौरसिथ (Forsyth) ने इसको चार भागों में बाँटा है—

१. शर्करा और एमीनो अम्ल (Amino acid)

२. फीनौल (Phenol) युक्त ग्लाइकोसाइड (Glycoside) और टैनीन (Tannin)

३. ग्लूक्यूरोनिक अम्ल (Glucuronic acid) जिसमें डी. ग्लूकोज (D. Glucose), डी. जाइलोज (D. xylose) तथा एल. रैमनोज (L.Rahmnose) नामक कार्बोहाइट्रेट विद्यमान है।

४. इस भाग में नाइट्रोजन अधिक है और कार्बनिक फौसस्फेट (Organic phosphate) तथा पेन्टोज (Pentose) भी रहते हैं।

जे० एम० ब्रेम्नर (J.M. Bremner) ने पाइरो-फौस्फेट (Piro Phosphate) की प्रतिक्रिया द्वारा फलविक अम्ल (Fuluric acid) में इन्हीं चार द्रव्यों को पाया है।

कार्बनिक द्रव्यों में एक ह्यूमिन (Humin) नामक पदार्थ भी पाया गया है, जिसकी बनावट ह्यूमिक अम्ल (Humic acid) और फलविक अम्ल के मध्य में है और सम्भव है यह द्रव्य फलविक अथवा ह्यूमिक अम्ल के पुरुभाजन से उत्पन्न हुआ हो।

कार्बनिक कार्बन का १० से ३० प्रति सैकड़ा अंश यूरोनाइड़ (Uronide) के रूप में रहता है। किसी भी वैज्ञानिक ने मिट्टी से यूरोनिक अम्ल का निष्कासन नहीं किया है, किन्तु उनकी यह धारणा है कि जो भी कार्बन डाई-ऑक्साइड (CO_2) मिट्टी पर १२% हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की प्रतिक्रिया द्वारा निकलता है, वह यूरेनिक अम्ल से प्राप्त होता है।

मिट्टी के पूर्ण कार्बनिक द्रव्यों में जो नाइट्रोजन है, उसमें २ या ३ प्रतिशत अमोनिया या नाइट्रेट के रूप में वर्तमान है। अन्य भाग अति जटिल ह्यूमस के रूप में पाये जाते हैं, जिनके रासायनिक निर्माण की व्याख्या ऊपर की गयी है। ब्रेमनर

(Bremner) ने विश्लेषण द्वारा पता चलाया है कि $\frac{1}{3}$ भाग नाइट्रोजन, जो ह्यूमिक अम्ल में रहता है और $\frac{1}{5}$ भाग नाइट्रोजन, जो फलविक अम्ल में रहता है, वह एमाइनो अम्ल (Amino acid) के रूप में रहता है। यह अम्ल प्रोटीन से प्राप्त होता है। इससे यह सिद्ध होता है कि कम-से-कम $\frac{1}{3}$ हिस्सा नाइट्रोजन मिट्टी में प्रोटीन के रूप में वर्तमान है।

कोजीमा (Kojema) के अनुसन्धान से पता चलता है कि मिट्टी के कार्बनिक द्रव्यों में निम्नलिखित प्रोटीन और अमाइनो अम्ल वर्त्तमान हैं —

१. ल्यूसाइन (Leucine)
२. आइसोल्यूसाइन (Isoleucine)
३. वेलाइन (Valine)
४. अस्पार्टिक अम्ल (Aspartic acid)
५. ग्लूटामिक अम्ल (Glutamic acid)

अम्ल द्वारा जल-विश्लेषण की क्रिया से जो अमोनिया ह्यूमस से प्राप्त होता है, वह कौन से यौगिक से सम्बन्ध रखता है, इसका पता अभी तक नहीं चला है। किन्तु यह अनुमान किया जाता है कि इस अमोनिया का सम्बन्ध कार्बनिक पदार्थों के उन द्रव्यों से है, जो एमाइनो शर्करा (Amino sugar) के रूप में वर्तमान हैं। ये द्रव्य ग्लूकोसामाइन (Glucosamine) तथा चीटेन (Chitein) के रूप में जीवाणुओं के अवयवों में वर्तमान हैं।

ऊपर यह लिखा जा चुका है कि ह्यूमस के दो प्रधान अंग हैं, एक ह्यूमिक अम्ल और दूसरा फलविक अम्ल (Humic and fulwic acid)। फलविक अम्ल का सभी नाइट्रोजन और ह्यूमिक अम्ल का $\frac{1}{2}$ भाग नाइट्रोजन जल-विश्लेषीय (Hydrolysable) है। ह्यूमिक अम्ल का अन्य $\frac{1}{2}$ हिस्सा नाइट्रोजन लिगनिन से सम्बन्धित है और यह उसी प्रकार का लिगनिन है जो पौधों में पाया जाता है। इस लिगनिन के नाइट्रोजन की मात्रा आक्सीकरण क्रिया के बढ़ने पर साथ-साथ बढ़ती जाती है, अर्थात् ज्यों-ज्यों कार्बौक्सील (—COOH) वर्ग की वृद्धि होती है, त्यों-त्यों नाइट्रोजन की भी वृद्धि अणु भाग में होती जाती है।

मिट्टी में ह्यूमस के ऊपर अणुजीवों की प्रतिक्रिया नहीं होती। यह पता नहीं चलता कि ह्यूमस पर अणुजीवों की प्रतिक्रिया क्यों नहीं होती, जब उसमें अणुजीवों के भोजन के लिए सभी पदार्थ वर्तमान हैं। मिट्टी में जब प्रोटीन डाला जाता है, वह अणु-जीवों द्वारा विच्छेदित हो जाता है, किन्तु ह्यूमस में जो प्रोटीन वर्तमान हैं, उन पर अणु-जीवों

की क्रिया नहीं होती। वैज्ञानिकों का मत है कि ह्यूमस नामक द्रव्य अणु-जीवों द्वारा प्रोटीन और लिगनिन के योग से संश्लेषित होता है। इस योग में हो सकता है कि प्रोटीन लिगनिन से घिरा हुआ हो और सुरक्षित हो। दूसरा सिद्धान्त वाक्स-मान् (Walksman) द्वारा प्रेषित किया गया है। इस सिद्धान्त के अनुसार लिगनिन का हाइड्रौक्सील (–OH) वर्ग प्रोटीन के एमाइनो ($-NH_2$) वर्ग से प्रतिक्रिया करके ह्यूमस की उत्पत्ति करता है। किन्तु यह सिद्धान्त फलविक अम्ल में स्थित प्रोटीन के प्रति, जो अविच्छेदित रहता है, लागू नहीं है, क्योंकि फलविक अम्ल में लिगनिन नहीं रहता।

एसमिन्जर (E. Esminger) का मत है कि ह्यूमस में प्रोटीन का वह भाग जो जीवाणुओं द्वारा विच्छेदित हो सकता है और जल-विश्लेषीय (Hydrolysable) है, विद्युत युक्त तल की ओर आकर्षित रहने से जीवाणुओं द्वारा निष्कासित एनजाइम (Enzyme) की क्रिया से मुक्त रहता है। इन सब सिद्धान्तों का आलोचनात्मक परिवेक्षण करने से यही पता चलता है कि ह्यूमस के ऊपर जीवाणुओं की प्रतिक्रिया नहीं होने का रहस्य हमें अभी तक ज्ञात नहीं हुआ है।

लिगनिन की ऑक्सीकरण क्रिया और अमोनिया की प्रतिक्रिया द्वारा मिट्टी में ह्यूमस की उत्पत्ति होती है, यह सिद्ध है। किन्तु यह जानने की आवश्यकता है कि वह मिट्टी के किस भाग अथवा स्थान में होती है। अनुसन्धान द्वारा यह पता चलता है कि सबसे अधिक ह्यूमस का संश्लेषण कृमि तथा कीट इत्यादि की आँत में हुआ करता है। मलोत्सर्ग (Excreta) के विश्लेषण से यह प्रमाणित होता है।

सारांश यह है कि ह्यूमस दो द्रव्यों द्वारा बना है। एक वह जो लिगनिन के ऑक्सी-करण तथा अमोनिया के स्थिरीकरण (Fixation) द्वारा संश्लेषित हुआ है और दूसरा वह जो अणु-जीवों की जीवन-क्रिया द्वारा उत्पादित हुए द्रव्यों से बना है। इनमें पेन्टोज (Pentose), हेक्सोज (Hexose), एमाइनो यूरोनिक अम्ल (Amino uronic acid) और प्रोटीन प्रधान हैं।

ह्यूमस द्वारा कृषि को लाभ

ह्यूमस का संश्लेषण प्रकृति की एक अद्भुत देन है, जिससे मनुष्य को खाद्यान्न उपजाने में अत्यधिक सहायता मिलती है। यह मिट्टी पर नीचे लिखे चार प्रकार की क्रियाओं द्वारा मिट्टी की उर्वरा शक्ति को बढ़ा देता है।

१—इसके कोलाएड तट पर कुछ ऐसी जटिल रासायनिक क्रियाएँ होती हैं—जैसे कीटाणुओं द्वारा वायु से नाइट्रोजन का शोषण और स्थिरीकरण (Fixation),

अमोनिया का उत्पादन और नाइट्रेट में परिवर्तन इत्यादि। इन क्रियाओं द्वारा मिट्टी में पौधों के लिए पोषक द्रव्यों की वृद्धि होती है।

२—यह मिट्टी की भौतिक अवस्था पर लाभदायक प्रभाव डालता है। यह मिट्टी की कण-संरचना को बढ़ाता है। मिट्टी के कणों का बंधन करता है। मिट्टी की जल-शोषण शक्ति को बढ़ाता है। यह मिट्टी में अम्लता और क्षारीयता (Alkalinity) की मात्रा को नियमित करता है तथा मिट्टी में ताप-शोषण शक्ति को बढ़ाता है।

३—इस पर धन-आयन (cation) का शोषण अधिक होने से पौधों को मिट्टी से खाद्य पदार्थ प्रचुर मात्रा में मिलता है। फास्फोरस तथा अन्य अविलेय द्रव्य इसके द्वारा विलेय (soluble) हो जाते हैं और इस प्रकार पौधों के लिए प्राप्य होते हैं।

४—लाभदायक जीवाणुओं की संख्या वृद्धि तथा पौधों की जड़ की वृद्धि के लिए इसका मिट्टी में रहना आवश्यक है।

मिट्टी के कार्बनिक द्रव्यों में कार्बन और नाइट्रोजन का अनुपात

नूतन और अपरिवर्तित पौधों के डण्ठल इत्यादि में कार्बन और नाइट्रोजन का अनुपात ४० के लगभग रहता है, किन्तु मिट्टी में यह अनुपात १० के लगभग रहता है। किसी-किसी जाति के पौधों में यह अनुपात कम भी रहता है। सारणी संख्या ४८ में अनेक प्रकार के पौधों के अवयवों का कार्बन-नाइट्रोजन अनुपात दिया जाता है।

सारणी संख्या ४८

पौधों का कार्बन-नाइट्रोजन अनुपात

पौधों का नाम	कार्बन प्रतिशत	नाइट्रोजन प्रतिशत	कार्बन/नाइट्रोजन अनुपात
जौ	४०	०.५	८०
घास	४०	१.६	२५
फलीदार	४०	२.५	१६
मक्का का डंठल या तना	४५	१.०	४५

ऊपर दिये गये आँकड़ों से पता चलता है कि फलीदार श्रेणी के पौधों में अनुपात कम है। कारण यह है कि इन पौधों में नाइट्रोजन की मात्रा अधिक रहती है। घास में भी अनुपात कम है, किन्तु जौ, मक्का इत्यादि में अनुपात अत्यन्त अधिक है।

हमें यह विचारना है कि पौधे जब मिट्टी में मिलाये जाते हैं तब यह अनुपात क्यों और किस कारण से कम हो जाता है। मिट्टी में नवीन पौधों के ऊपर अणु-जीवों की क्रिया होने लगती है। इस क्रिया में कार्बन कार्बन-डाई-ऑक्साइड में परिवर्तित होता है और मिट्टी से उसका निष्कासन अत्यन्त तीव्रता से होने लगता है। ऐसी अवस्था में जीवाणुओं की संख्या भी बढ़ने लगती है और उन्हें अपने जीवन को सुरक्षित बनाये रखने के लिए भोजन की आवश्यकता होती है। नाइट्रोजन उनका मुख्य खाद्य पदार्थ है और वे इस खाद्य पदार्थ का उपयोग करने लगते हैं। नाइट्रोजन पौधों का भी खाद्य पदार्थ है। इस कारण से मिट्टी में पौधों और जीवाणुओं के बीच खाद्य पदार्थ के हेतु प्रतियोगिता होने लगती है। पौधों को खाद्य की कमी हो जाती है। तात्पर्य यह है कि जब मिट्टी में कार्बन/नाइट्रोजन अनुपात अधिक हो तब किसी पौधे को रोपना अनुचित है। प्रथम तो नाइट्रोजन की कमी रहेगी और द्वितीय पौधों के बीज पनप नहीं सकेंगे, क्योंकि अधिक कार्बन डाई-आक्साइड के रहने से मिट्टी में अम्लता हो जायगी और यह बीज को हानि पहुँचा सकती है।

मिट्टी के पौधों में पूर्ण-विच्छेदन क्रिया के उपरान्त ह्यमस का निर्माण होता है। इस द्रव्य का कार्बन तथा नाइट्रोजन का अनुपात लगभग १० के रहता है। मिट्टी के लिए यह एक आदर्श अवस्था होती है। इस अवस्था में बीज पनप सकते हैं और पौधों की वृद्धि सुगमतापूर्वक हो सकती है। सभी किसान मिट्टी को इस अवस्था में लाने का प्रयत्न करते हैं।

यदि मिट्टी के कार्बन तथा नाइट्रोजन का अनुपात अधिक हो तब उसमें नाइट्रोजन-युक्त खाद देने की आवश्यकता है। जब तक यह अनुपात लगभग १५ के न हो जाय किसी भी फसल के बीज को बोना निरर्थक होता है।

मान लीजिए कि मक्का की फसल काट ली गयी है और उसका सम्पूर्ण तना, जिसका कार्बन/नाइट्रोजन अनुपात ४० है मिट्टी में मिला दिया गया है। यदि इस तने का भार २००० पौण्ड प्रति एकड़ है, तब मिट्टी में कार्बन/नाइट्रोजन अनुपात २०००/५०=४० हुआ, अर्थात् मिट्टी में ५० पौण्ड नाइट्रोजन है। यदि हम ४० पौण्ड नाइट्रोजन और मिट्टी में डाल दें तब यह अनुपात २०००।९०=२२.२२ होता है। इसी प्रकार और अधिक नाइट्रोजन युक्त खाद के प्रयोग से यह अनुपात कम हो जायगा।

अनुसंधान द्वारा ज्ञात हुआ है कि यदि मिट्टी में यह अनुपात ३३ से अधिक होता है, तब जीवाणुओं की संख्या इतनी बढ़ जाती है कि वे नाइट्रोजन का अधिक उपयोग करने लगते हैं। यह कार्बन की मात्रा में वृद्धि होने से होता है। ऐसी अवस्था पौधों के अनुकूल

नहीं होती। यदि यह अनुपात घटकर १७ हो जाता है तब पौधों को नाइट्रोजन मिलने लगता है। जब अनुपात १७ और ३३ के बीच रहता है तब मिट्टी में जीवाणु और पौधों के लिए खाद्य पदार्थ प्रायः अप्राप्य रहते हैं।

सारणी संख्या ४९

कार्बन/नाइट्रोजन अनुपात का कार्बनिक नाइट्रोजन के खनिजायन (Mineralisation,) **और अकार्बनिक नाइट्रोजन की उत्पत्ति से सम्बन्ध**

कार्बनिक द्रव्य जो मिट्टी में डाले गये	नाइट्रोजन प्रतिशत	कार्बन/नाइट्रोजन अनुपात	६ महीने में प्रतिशत कार्बनिक से अकार्बनिक नाइट्रोजन में परिवर्तन
गेहूँ का भूसा (Wheat straw)	०.५४	८४.०	०
क्लोवर (Clover)	१.७४	२५.९	१४
ल्यूपिन (Lupin)	२.२६	२०.०	१८
कार्बनिक खाद (Manure)	२.३३	१८.०	२५
मटर की फली (Pea Pod)	२.९०	१३.३	४०.५
अल्फाल्फा (Al Falfa,)	३.४६	१२.९	३७.८
कवक जाल (Fungus Myceleium)	४.४५	१०.२	५०.०

यदि मिट्टी में कार्बन/नाइट्रोजन अनुपात लगभग १० से अधिक रहा, तब मिट्टी में स्थित कार्बनिक नाइट्रोजन का अकार्बनिक रूप में परिवर्तन कठिनता से होता है। कारण यह है कि विभिन्न प्रकार के वे जीवाणु जो इस क्रिया को करने में सहायता पहुँचाते

हैं तथा वे अन्य प्रकार के जीवाणु जो सेल्यूलोज इत्यादि के परिवर्तन में सहायता पहुँचाते हैं, संख्या-वृद्धि से खाद्य पदार्थ को पाने में कठिनाई अनुभव करने लगते हैं। इनमें आपस में प्रतियोगिता होने लगती है ।

अकार्बनिक नाइट्रोजन जो पौधों का खाद्य पदार्थ है, कम हो जाता है। नीचे की सारणी संख्या ४९ में अकार्बनिक नाइट्रोजन का सम्बन्ध कार्बन/नाइट्रोजन अनुपात के साथ दिखलाया गया है।

६ महीने के बाद गेहूँ के भूसे का विश्लेषण करने पर १.४ मिलीग्राम नाइट्रेट प्रति १०० ग्राम प्राप्त हुआ। कन्ट्रोल में ९ मिलीग्राम प्रति ग्राम प्राप्त हुआ।

सारणी संख्या ५०

पौधों की आयु और मिट्टी में इनके डालने से खनिज नाइट्रोजन की उत्पत्ति

गेहूँ की आयु (दिन में)	गेहूँ में नाइट्रोजन प्रतिशत	कार्बन/नाइट्रोजन अनुपात	नाइट्रेट नाइट्रोजन की उत्पत्ति, पौण्ड प्रति एकड़ ९२ दिन में
८५	१.०१	४५	७
६०	१.५७	२९	२१.२
५०	२.०७	२२	३५.८
४०	२.६९	१७	७०.२
३०	३.२३	१४	१०६.६
२०	४.२२	११	१६३.४
गेहूँ की अनुपस्थिति में	—	—	३६.६

दी गयी सारणी के आँकड़ों से पता चलता है कि मिट्टी में कार्बनिक नाइट्रोजन का अकार्बनिक पौधों के लिए नाइट्रोजन में परिवर्तन, मिट्टी में विच्छेदित होनेवाले कार्बनिक द्रव्यों की पूर्व अवस्था पर निर्भर है। यदि कार्बनिक द्रव्यों में जल अधिक है अर्थात् वे सरस सक्यलेंट (Succulent) हैं, तब यह क्रिया शीघ्रतापूर्वक होने लगती है। पौधे जैसे-जैसे बढ़ते हैं, उनमें सरसता की कमी होने लगती है। यही कारण है कि अधिक

आयु वाले पौधे जिनमें सेल्यूलोज अधिक है, मिट्टी में मिलने पर पौधों के लिए यथेष्ट नाइट्रोजन के उत्पादन में बाधा पहुँचाते हैं।

पृ० २३७ की सारणी सं० ५० से यह विदित है कि मिट्टी में खनिज नाइट्रोजन का उत्पादन पौधों की आयु पर निर्भर है (यदि इनका समावेश मिट्टी में हो)।

कार्बन/नाइट्रोजन का अनुपात उन कार्बनिक द्रव्यों में जानने की आवश्यकता है जो मिट्टी में खाद के रूप में डाले जाते हैं और जिनसे मिट्टी की उर्वरा शक्ति की वृद्धि होती है। इस अनुपात में नाइट्रोजन का सान्द्रण (concentration) अधिक महत्त्व रखता है। मिट्टी में जो भी कार्बन और नाइट्रोजन कार्बनिक द्रव्य के रूप में डाले जाते हैं, उनका अनुपात एक स्थित अंक में परिणत हो जाता है जो १० है। इस स्थिति के पहुँचने का उत्तरदायित्व मिट्टी में नाइट्रोजन के सान्द्रण पर निर्भर है। कार्बनिक कार्बन और ह्यूमस में अनुपात १:१.७ है और यह निश्चित अनुपात है। इस कारण से मिट्टी में कार्बनिक द्रव्य का ह्यूमस में परिवर्तन नाइट्रोजन की मात्रा पर निर्भर करता है। उदाहरणस्वरूप दो प्रकार के कार्बनिक द्रव्यों को ले लीजिए। दोनों ही का भार १०००० पौण्ड है और दोनों ही में कार्बनिक कार्बन की मात्रा ५००० पौण्ड है। किन्तु एक में १०० पौण्ड नाइट्रोजन है और दूसरे में २०० पौण्ड नाइट्रोजन है। एक का अनुपात ५० हुआ और दूसरे का १०० हुआ। मान लीजिए कि दोनों ही का ह्यूमस में परिवर्तन समान रूप से हुआ है और ह्यूमस में परिवर्तन होने पर मिट्टी का कार्बन/नाइट्रोजन अनुपात १० हुआ। ऐसी अवस्था में प्रथम द्रव्य के परिवर्तन में १०० पौण्ड नाइट्रोजन १००० पौण्ड कार्बन के साथ यौगिक बन गया है और ४००० पौण्ड कार्बन ह्यूमस परिवर्तन में क्रिया से वंचित रहा तथा उसकी हानि हुई। दूसरे द्रव्य के परिवर्तन में २००० पौण्ड कार्बन-नाइट्रोजन के साथ मिलकर ह्यूमस बन गया और ३००० पौण्ड कार्बन की हानि हुई। यदि कार्बनिक कार्बन और ह्यूमस का अनुपात १ : १.७ है, तब यह सिद्ध हुआ कि प्रथम उदाहरण में १७०० पौण्ड ह्यूमस मिट्टी में बना और दूसरे उदाहरण में ३४०० पौण्ड ह्यूमस बना। इससे यह सिद्ध होता है कि ह्यूमस की मात्रा मिट्टी में मिलाये गये कार्बनिक द्रव्यों के नाइट्रोजन की मात्रा पर निर्भर है।

मिट्टी का कार्बन/नाइट्रोजन अनुपात जलवायु पर निर्भर करता है। प्रधानतः तापमान और वर्षा की मात्रा इस अनुपात के परिवर्तन में सहायक होती है। यदि वर्षा की मात्रा में, विभिन्नता नहीं रही तब उष्ण जलवायु की अपेक्षा शीत जलवायु में यह अनुपात अधिक होगा। कारण, उष्ण जलवायु में कार्बनिक कार्बन तथा नाइट्रोजन की हानि विच्छेदन क्रिया द्वारा अधिक होने की संभावना है।

उन प्रदेशों में जहाँ वर्षा की मात्रा समान है और मिट्टी में जल भी समान मात्रा में है, प्रति १० डिग्री तापमान के घटने पर कार्बनिक द्रव्य और नाइट्रोजन में दुगुनी अथवा तिगुनी की वृद्धि होती है। मिट्टी में जल की वृद्धि से अथवा वर्षा की मात्रा अधिक होने से कार्बनिक पदार्थ और नाइट्रोजन में वृद्धि होती है तथा कार्बन/नाइट्रोजन का अनुपात अधिक होता है।

कार्बन और नाइट्रोजन का अनुपात मिट्टी के कणाकार (Texture) और रचना-विन्यास (structure) पर निर्भर है। बलुई भूमि में कार्बनिक द्रव्य कम रहते हैं और नाइट्रोजन की मात्रा भी कम ही है। इसके विपरीत मटियार मिट्टी में नाइट्रोजन अधिक रहता है। जिस मिट्टी में जल-निष्कासन कठिनाई से होता है उसमें नाइट्रोजन अधिक रहता है और जिस मिट्टी से जल शीघ्र निकल जाता है उसमें नाइट्रोजन कम रहता है।

मिट्टी में खाद-चूने का प्रयोग तथा वनस्पति उत्पादन भी उसके कार्बन-नाइट्रोजन अनुपात की असमानता के कारण हो सकते हैं। जिस मिट्टी में चूना अधिक रहता है तथा कैलसियम कार्बोनेट ($CaCO_3$) की उपस्थिति से अम्लता कम और क्षारीयता अधिक (PH ८.५) है, उसमें जीवाणुओं की क्रिया की अधिक वृद्धि के कारण यह अनुपात अधिक होगा। ऐसी मिट्टी में जल के शीघ्र निष्कासन से नाइट्रोजन की मात्रा कम होगी।

कार्बनिक द्रव्य मिट्टी के गुणधर्मों (properties) को अनेक प्रकार से प्रभावित करते हैं, जिनका विवरण नीचे दिया जाता है—

१. मिट्टी का रंग, भूरा अथवा काला हो जाना।

२. भौतिक गुण पर प्रभाव—
   (क) जल ग्रहण शक्ति की वृद्धि।
   (ख) संसक्ति अथवा अन्तराकर्षण (cohesion) का कम होना, सान्द्रता (porosity) का बढ़ना और सुघट्यता (plasticity) का कमहोना।
   (ग) कणरूप (granulation) का बढ़ना।

३. धन-आयन विनिमय शक्ति का बढ़ना —
   (क) अकार्बनिक कोलाएड की अपेक्षा दुगुनी अथवा तिगुनी वृद्धि।
   (ख) अकार्बनिक कोलाएड की ३० से ९० प्रतिशत धन आयन-ग्रहण शक्ति कार्बनिक द्रव्यों के कारण वर्त्तमान है।

४. पौधों के लिए पोषक द्रव्यों की वृद्धि।

नाइट्रोजन फोस्फेट सल्फर, पौधों के लिए अधिक मात्रा में उपलब्ध होते हैं।

कार्बनिक द्रव्यों द्वारा मिट्टी में विभिन्न प्रकार के फास्फेट, जो कार्बनिक रूप में पाये जाते हैं, जीवाणुओं की क्रिया से विच्छिन्न होकर पौधों के लिए प्राप्य हो जाते हैं। इनमें फाइटीन (Phytein) और न्यूकलीक अम्ल का स्थान महत्त्वपूर्ण है। कार्बनिक फास्फेट मिट्टी में अकार्बनिक की अपेक्षा कम मात्रा में रहते हैं।

लेखक ने उत्तरी बिहार की मिट्टियों का विश्लेषण किया है और उससे पता चलता है कि कैलसियम कार्बोनेट ($CaCO_3$) की उपस्थिति में कार्बनिक फास्फेट अधिक मात्रा में पाये जाते हैं। सारणी संख्या ५१ में दिये हुए आँकड़ों से यह सिद्ध होता है।

सारणी संख्या ५१

अकार्बनिक और कार्बनिक फास्फेट

	कैलसियम कार्बोनेट युक्त मिट्टी			कैलसियम कार्बोनेट हीन मिट्टी		
	अकार्बनिक फास्फेट प्रतिशत	कार्बनिक फास्फेट प्रतिशत	कार्बनिक फास्फेट का प्रतिशत अकार्बनिक का अंश	अकार्बनिक फास्फेट प्रतिशत	कार्बनिक फास्फेट प्रतिशत	कार्बनिक, फास्फेट का अंश, अकार्बनिक पर प्रतिशत
१	०.०७५०	०.०२१२	२८.१	०.०८२०	०.०१८३	१९.८
२	०.०६५०	०.०१९०	२९.१	०.०८९०	०.०१७०	१९.१
३	०.०७८०	०.०२५३	३२.३	०.०९२०	०.००५०	५.३
४	०.०८५०	०.०२७८	३२.५	०.८८०	०.०१००	११.३
५	०.०६२०	०.०२१०	३३.८	०.७५८	०.०११०	१४.५
६	०.०५४०	०.०२२०	४०.७	०.८२१	०.०१२०	१४.६
७	०.०७२०	०.०२१०	४०.२	०.७८०	०.०२२०	२८.२

जैसा कि पहले उल्लेख किया गया है, मिट्टी में कार्बनिक फास्फोरस अकार्बनिक रूप में परिवर्तित होकर पौधों द्वारा प्राप्त होते हैं। यह परिवर्तन अधिकतर मिट्टी की

अम्लता और क्षारीयता पर निर्भर है। जैसे-जैसे मिट्टी में (pH) अधिक होता जाता है, फास्फोरस के आयन $H_2 Po_4^-$ से $HPo_4^=$ और फिर $Po_4^{\equiv}$ के रूप में बहिष्कृत होकर पौधों के लिए प्राप्य होते जाते हैं। ऊपर के सभी आयन मिट्टी में शनैः-शनैः कार्बनिक फास्फोरस से अकार्बनिक फास्फोरस के परिवर्तन द्वारा उत्पन्न होते हैं।

जीवाणु फास्फोरस का उपयोग स्वतंत्रतापूर्वक करते हैं और जब कभी अकार्बनिक फास्फोरस, जैसे सुपरफास्फेट (Super-phosphate) इत्यादि का व्यवहार होता है, जीवाणु इन्हें आहार के रूप में उपयोग करके कार्बनिक फौसफोरस के रूप में परिवर्तित करते हैं।

कार्बनिक द्रव्यों से मिट्टी में कार्बन-डाई-ऑक्साइड (CO_2) की उत्पत्ति होती है और यह यौगिक जल के साथ मिलकर कार्बोनिक अम्ल बनाता है। इस क्रिया द्वारा अम्लता उत्पन्न होती है। कार्बनिक अम्ल अन्य द्रव्यों पर अपना प्रभाव डालता है। यह उन्हें विलयन करके पौधों के लिए प्राप्य भोजन बनाता है। अन्त में यही कहना पड़ता है कि ये सब क्रियाएँ मिट्टी में कार्बनिक द्रव्य के मिलने से होती हैं।

ऊपर के कथन से सिद्ध होता है कि कार्बनिक द्रव्य मिट्टी की उर्वरा शक्ति में लाभ पहुँचाते हैं किन्तु स्वयम् पौधों की जड़ों द्वारा शोषित नहीं होते। परन्तु यह सिद्धान्त पूर्णतया सिद्ध नहीं है। कार्बनिक द्रव्यों द्वारा ह्यूमस के निर्माण में न्यून मात्रा में कुछ ऐसे यौगिक उत्पन्न होते हैं जो पौधों की जड़ों द्वारा शोषित होकर उनकी वृद्धि में सहायता पहुँचा सकते हैं तथा जीवाणुओं की जीवन क्रिया में लाभदायक हो सकते हैं। इनको विटामिन और हारमोन (Hormone) कहते हैं। ये यौगिक जटिल कार्बनिक द्रव्य हैं और जीवित प्राणियों की वृद्धि एवं खाद्य पदार्थ की उपयोगिता में सहायता पहुँचाते हैं।

किसी-किसी अवस्था में ऐसे कार्बनिक द्रव्य भी मिट्टी में उत्पन्न होते हैं जो पौधों को हानि पहुँचाते हैं। इनमें डाइहाइड्रो एसटीयरिक अम्ल (Dihydro stearic acid) का नाम उल्लेखनीय है। ऐसे द्रव्यों की उत्पत्ति मिट्टी में अम्लता उत्पन्न होने से होती है और इन्हें दूर करने के लिए अधिक चूना, जल तथा खाद देना आवश्यक जान पड़ता है।

कार्बनिक नाइट्रोजन का विश्लेषण और उसका महत्त्व

मिट्टी में कार्बनिक द्रव्य की मात्रा कार्बन और नाइट्रोजन के विश्लेषण द्वारा जानी जा सकती है। पूर्ण कार्बनिक नाइट्रोजन (Total organic Nitrogen) विश्लेषण की क्रिया साधारण है—मिट्टी को कूटकर और २ मिलीमीटर की चलनी से छानकर और १ या २ ग्राम भार जल डालकर फ्लास्क (Kjeldahl flask) में ले लेते हैं और

उसमें सलफ्यूरिक अम्ल भी मिला देते हैं। उत्प्रेरक (catalyst) के लिए सेले-नियम (seleneum) नामक धातु भी डालते हैं। इस फ्लास्क को कड़ी आँच पर रखकर इसमें दिये हुए सभी द्रव्यों को उबालते हैं, इसमें तापमान अधिक हो, इसलिए ताम्र सल्फेट (copper sulphate) भी डाला जाता है। इस रासायनिक प्रति-क्रिया में सभी कार्बनिक द्रव्य अकार्बनिक अमोनिया सल्फेट में परिवर्त्तित हो जाता है। इस फ्लास्क को ठंडा कर लेते हैं और क्षार (Alkali) डालकर अम्ल में आसवन (distil) कर लेते हैं। अम्ल को इसके बाद अनुमापन (Titrate) करने से अमो-निया की मात्रा का पता चल जाता है। यह अमोनिया कार्बनिक द्रव्य द्वारा निष्कासित हुआ है और इसकी मात्रा से कार्बनिक द्रव्य की मात्रा का पता चल जाता है। इस विश्लेषण क्रिया द्वारा अमोनिया में जो नाइट्रोजन की मात्रा का पता चलता है, उसे हम पूर्ण कार्बनिक नाइट्रोजन कहते हैं। इस मात्रा को ६.५ से गुणा करने से प्रोटीन की मात्रा निकलती है।

सातवाँ परिच्छेद

मिट्टी में स्थित कलिल और सिल्ट पर धन-आयन और ऋण-आयन का विनिमय तथा इसका कृषि से सम्बन्ध

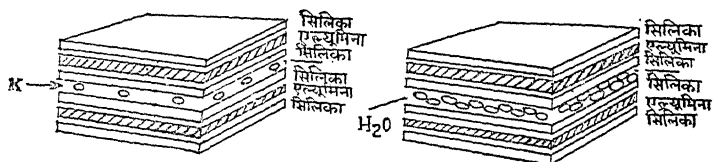
द्वितीय परिच्छेद में मिट्टी में स्थित कलिल के विषय पर चर्चा की गयी है। उसके भौतिक गुण तथा विभिन्न प्रकार के कलिलों की, जो मिट्टी में पाये जाते हैं, बनावट पर भी विचार प्रकट किया गया है। इस परिच्छेद में कलिलों पर होनेवाली रासायनिक क्रियाओं का उल्लेख किया जाता है। इन क्रियाओं का मिट्टी के गुण और कृषि से घनिष्ठ सम्बन्ध है।

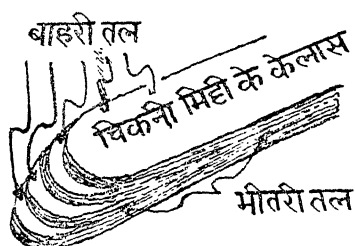
रासायनिक क्रियाओं का उल्लेख करने के पहले कलिल की रासायनिक बनावट और गुण का जानना अत्यन्त आवश्यक है। द्वितीय परिच्छेद में इसके ऊपर भी दृष्टि डाली गयी है। यहाँ पर विशेष गुण और मिट्टी में पाये जानेवाले कलिल के केलासीय विन्यास (crystal structure) के विषय पर कुछ प्रकाश डालने की चेष्टा की जा रही है।

जैसा कि ऊपर कहा गया है, मिट्टी के अकार्बनिक कलिल सिलिका और एल्यूमिना के योग से बने हैं और इन दोनों तत्त्वों का योग ऑक्सिजन द्वारा होता है। ये एक दूसरे पर पट्टिका (plate) के रूप में स्थित हैं। जैसे एक अबरख के टुकड़े में पट्टिका (plate) एक-दूसरी पर क्रम से रहती है, वैसे ये ऑक्साइड भी एक-दूसरे पर स्थित रहते हैं। प्रधानतः दो प्रकार के अकार्बनिक कलिल मिट्टी में पाये जाते हैं। एक का नाम मोन्ट मोरिलोनाइट (Mont-morillonite) और दूसरे का नाम केओलिनाइट (Kaolinite) है।

तीसरे प्रकार का कलिल जो बेडेलाइट कहा जाता है, वह मोन्ट-मोरिलोनाइट (Mont-morillonite) ही की जाति का है।

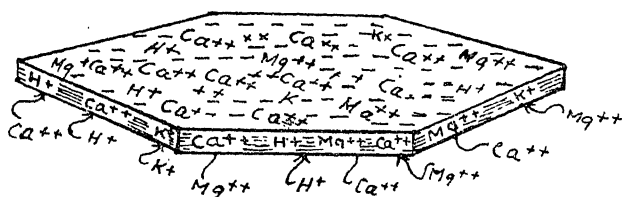
पट्टिका (Plate) के स्वरूप का आभास चित्र संख्या ६२ से मिलता है। इसमें यह दिखलाने की चेष्टा की गयी है कि एल्यूमिना (Al) और सिलिका (Si) की परतें किस प्रकार एक-दूसरी पर क्रमानुसार स्थित हैं।

अकार्बनिक कलिलों (Silicate-clay-colloids) की रूपरेखा उनके खनिज और ऋतुक्षरण की अवस्था पर निर्भर है। कुछ तो अबरख जैसे तथा षड्भुजी हैं और कुछ की रूपरेखा अनियमित है। कुछ लम्बे और सलाका (Rod) के समान हैं।

चित्र संख्या ६२—**एल्यूमिना और सिलिका की परतों की स्थिति**

कुछ केलास के किनारे स्वच्छ और सामान्य कटे हुए प्रतीत होते हैं और कुछ के अनियमित हैं। केलास (Crystal) की क्षैतिज (Horizontal) दूरी ऊर्ध्वाधर (Vertical) दूरी से कहीं अधिक है। (देखिए चित्र संख्या ६३)

चित्र संख्या ६३—**चिकनी मिट्टी के केलास की बनावट**

सिलिकेट कलिल की मात्रा व्यास (Diameter) में माप ली गयी है। यह अनुमान किया जाता है कि सिलिकेट कलिल गोलाकार है और इस रूप में उसके व्यास के माप से आकार का आभास होता है। व्यास की सबसे ऊपरी सीमा ०.००१ मिलीमीटर के बराबर होती है। किसी-किसी अवस्था में व्यास की लम्बाई अधिक-से-अधिक ०.००५ अथवा .००२ मिलीमीटर हो सकती है। इस पुस्तक के प्रथम अध्याय के द्वितीय परिच्छेद में मिट्टी के भौतिक संस्करण को बतलाते हुए यह कहा गया है कि मिट्टी में स्थित कलिल, जिसको क्ले (Clay) कहते हैं, उसका व्यास माप ०.००२ मिलीमीटर तक सीमित है। इसका यह अर्थ हुआ कि वे सभी कण जो इस परिधि के तथा इस व्यास के माप से कम हैं, कलिल के अन्तर्गत समझे गये हैं।

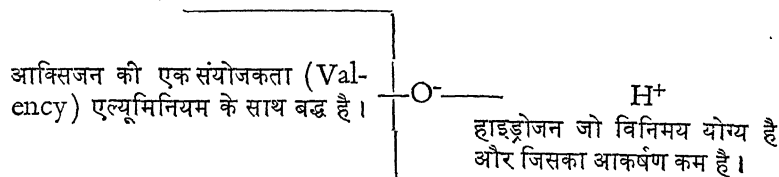
सिलिकेट कलिल पर ऋण विद्युत की मात्रा सर्वप्रधान है और यह अपनी सतह पर धन-विद्युत युक्त आयन (Ion) को शोषित करती है। यह शोषण-क्रिया विद्युत-आकर्षण द्वारा होती है।

चित्र सं० ६४ में यह दिखलाने का प्रयत्न किया गया है। सिलिकेट कलिल जो एक परत के समान है और षड्भुजी है, उसके ऊपर और उसके पार्श्व में विभिन्न प्रकार के धन-आयन (ion) अधिशोषित हैं।

चित्र सं० ६४—**चिकनी मिट्टी के कलिल पर शोषित धन और ऋण-आयन**

कलिल के ऊपर ऋण-आयन (Ion) के रहने से ये एक रासायनिक मूलक (Radical) के जैसा प्रतीत होते हैं। ये रासायनिक मूलक (Radical) उसी प्रकार के हैं जैसे—Cl–or SO_4। सुगमता के लिए हम इसका नाम श्लेषिका (Micelles) रखते हैं अथवा इन्हें कोश (Cell) कह सकते हैं।

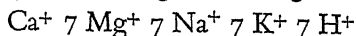
धन-आयन के अधिशोषण के साथ-साथ इनके तल पर अत्यन्त बृहत् मात्रा में जल के अणु भी वर्तमान रहते हैं। कुछ जल के अणु धन-आयन के साथ-साथ मिलकर हाइड्रेट बन जाते हैं और जो बचे रहते हैं वे सिलिकेट कलिल के बाहरी तल पर अधिशोषित होते हैं। बहुत प्रमाण में जल के अणु सिलिकेट कलिल की दो परतों के बीच में वर्तमान रहते हैं।

ऋण-विद्युत की मात्रा का आविर्भाव सिलिकेट कलिल पर हाइड्रोक्सिल (Hydroxyl) मूलक (Radical) द्वारा होता है। कलिल की बाहरी सतह पर ये मूलक वियोजित (Dissociate) होते हैं। इस कारण से ऑक्सिजन हाइड्रोजन से अलग हो जाता है और ऋण-विद्युत का आविर्भाव होता है।

नीचे दिये हुए समीकरण से इस कथन की पुष्टि होती है।

इस प्रकार बहुत से कलिल आपस में मिलकर ऋण-आयन का रूप धारण करते हैं और इनके ऊपर जो ऋण विद्युत का आर्विभाव होता है, वह धन-विद्युत युक्त आयन (ion), जैसे कैलसियम, मैगनीशियम, सोडियम, पोटाशियम, हाइड्रोजन इत्यादि को आर्कषित करता है। ये धन-आयन कोलायड के ऊपर आपस में विनिमय क्रिया उत्पन्न करते हैं। यदि कोलायड पर हाइड्रोजन आयन अधिक मात्रा में रहा, तब इस कोलायड के द्वारा मिट्टी में अम्लता अधिक होगी, क्योंकि हाइड्रोजन का अधिक मात्रा में वियोजन होगा और हाइड्रोजन आयन (Hydrogen ion) की अधिकता से अम्लता बढ़ जायगी। इसी प्रकार यदि कोलायड पर कैलसियम आयन का शोषण अधिक होगा, तब कैलसियम आयन के वियोजन (Dissociation) के कारण क्षारीयता अधिक होगी। यदि सोडियम आयन अधिक होगा तब उसके वियवन से क्षारीयता की मात्रा अधिक हो जायगी जो पौधों के लिए हानिकारक होगी। उसी प्रकार हाइड्रोजन आयन का वियवन होगा और मिट्टी में अम्लता इतनी अधिक हो जायगी कि यह पौधों की जड़ों के लिए हानिकारक होगी।

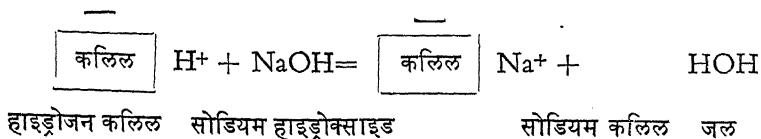
नीचे दी हुई व्यवस्था में हम दो प्रकार की जलवायु वाली मिट्टियों में पृथक्-पृथक् विनिमय योग्य आयन (ions), जो अपने से बायीं ओर के आयन को स्थानान्तरित कर सकते हैं, दिखलाते हैं --

१. उष्ण प्रदेश जहाँ वर्षा और आर्द्रता अधिक है--
   $H^+ > Ca^+ > Mg^+ > K^+ > Na^+$

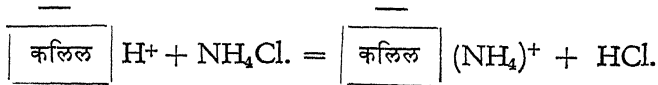
२. शुष्क प्रदेश की मिट्टी जिसमें जल सुगमतापूर्वक नीचे की ओर बह जाता है--
   $Ca^+ > Mg^+ > Na^+ > K^+ > H^+$

विनिमय एक रासायनिक क्रिया है और जैसे अन्य द्रव्यों की आपस में प्रतिक्रिया होती है उसी प्रकार ऋण विद्युत युक्त कलिल पर एक धन-आयन का दूसरे धन-आयन के साथ सुगमतापूर्वक विनिमय हो सकता है। यह विनिमय अति शीघ्र होता है और इसमें समय बहुत कम लगता है।

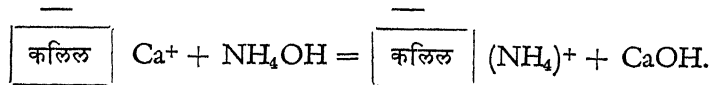
नीचे दिये हुए समीकरण से यह स्पष्ट हो जाता है--

$$\boxed{\overset{-}{\text{कलिल}}}\ H^+ + NaOH = \boxed{\overset{-}{\text{कलिल}}}\ Na^+ + HOH$$

हाइड्रोजन कलिल　सोडियम हाइड्रोक्साइड　सोडियम कलिल　जल

यहाँ पर हाइड्रोजन आयन को सोडियम आयन ने सिलिकेट कलिल पर स्थानान्तरित किया है।

इसी प्रकार नीचे के समीकरण में अमोनियम आयन ने हाइड्रोजन और कैलसियम आयन को स्थानान्तरित किया है।

| कलिल | $H^{+} + NH_4Cl. =$ | कलिल | $(NH_4)^{+} + HCl.$

हाइड्रोजन कलिल अमोनियम क्लोराइड एमोनियम कलिल हाइड्रोक्लोरिक अम्ल

| कलिल | $Ca^{+} + NH_4OH =$ | कलिल | $(NH_4)^{+} + CaOH.$

कैलसियम कलिल अमोनियम हाइड्रोक्साइड अमोनियम कलिल कैसलियम हाइड्रोक्साइड

इस विनिमय को दो प्रकार से व्यक्त करते हैं–(१) प्रथम प्रणाली मिट्टी में स्थित कलिल की सम्पूर्ण विनिमयशक्ति की द्योतक है और उसे हम "पूर्ण विनिमयशक्ति" (Total Exchange capacity) कहते हैं। इसका अर्थ है मिट्टी में स्थित कलिल द्वारा सम्पूर्ण धन-आयन की मात्रा को प्रकट करना। इसे हम हाइड्रोजन धन-आयन के तुल्यांक भार में प्रदर्शित करते हैं। अधिकतर इस प्रदर्शन को मिली इक्वीवेलेन्ट (Milli equivalent) कहते हैं। इसका अर्थ हुआ एक मिलीग्राम हाइड्रोजन अथवा अन्य आयन, जो उसके साथ युक्त होकर यौगिक बनाये या उसे स्थानान्तरित कर दे। किसी भी धन-आयन के विनिमय मिली इक्वीवेलेन्ट (Milli equivalent) अथवा मिली तुल्यांक भार प्रति सौ ग्राम मिट्टी पर दिखलाते हैं। यदि इस कलिल की धन आयन विनिमय शक्ति (capacity) एक मिली इक्वीवेलेन्ट प्रति सौ ग्राम होती है, तब इसका यह अर्थ है कि कलिल एक मिलीग्राम हाइड्रोजन अथवा अन्य धन-आयन जो इसके तुल्य भार के बराबर है, प्रति सौ ग्राम शुष्क भार पर अधिशोषित करता है। इससे यह प्रमाणित होता है कि अन्य आयन मिली इक्वीवेलेन्ट में प्रदर्शित किये जा सकते हैं। कैलसियम का अधिशोषण ले लीजिए। इस तत्त्व का परमाणु भार ४० है जो तुलनात्मक दृष्टि से हाइड्रोजन से ४० गुना ज्यादा है। हाइड्रोजन का परमाणु भार १ है। इसकी संयोजकता (valency) २ है, अर्थात् एक १ कैलसियम दो २ हाइड्रोजन के बराबर है। इसलिए १ मिलीग्राम हाइड्रोजन को स्थानान्तरित करने के लिए २० मिलीग्राम कैलसियम की आवश्यकता होगी। इससे यह प्रमाणित हुआ कि कैलसियम का १ मिली इक्वीवेलेन्ट २० के बराबर है। मान लीजिए कि

१०० ग्राम कलिल पर २५० मिलीग्राम कैलसियम अधिशोषित होता है, तब उस कलिल की धन-आयन अधिशोषण शक्ति (Capacity) २५०/२०=१२.५ मिली इक्वीवेलेन्ट प्रति सौ ग्राम पर हुई।

यदि किसी सिलिकेट कलिल की धन-आयन विनिमय शक्ति(Cation exchange capacity) एक मिली-इक्वीवेलेन्ट हो (one ME/100 grams), तब इसका अर्थ यह हुआ कि १०० ग्राम मिट्टी की अधिशोषण शक्ति १ (एक) मिलीग्राम हाइड्रोजन अथवा इसके बराबर अन्य इक्वीवेलेन्ट केटाएन (Equivalent cation) के बराबर है। यह एक मिलीग्राम १००००० मिली ग्राम कलिल के साथ सम्बन्धित है, अर्थात् १० भाग प्रति १० लाख पर हुआ। एक एकड़ में ६ इन्च की गहराई तक २० लाख पौंड मिट्टी होती है और ऊपर के आंकिक प्रमाण के अनुसार एक एकड़ में २० पौंड विनिमय योग्य हाइड्रोजन हो सकता है। २० पौंड हाइड्रोजन का इक्वीवेलेन्ट कैलसियम कार्बोनेट ($CaCO_3$) १००० पौंड हुआ तथा चार सौ पौंड कैलसियम हुआ।

(२) द्वितीय प्रणाली —प्रतिशत धन-आयन संतृप्ति (Percentage Base-Saturation) द्वारा होता है।

यह जानने की बात है कि सम्पूर्ण कलिल पर कितना प्रतिशत धन-आयन और कितना प्रतिशत हाइड्रोजन वर्तमान है, क्योंकि हाइड्रोजन से, जैसा कहा गया है, मिट्टी में अम्लता आती है और धन-आयन से क्षारीयता। कृषि के लिए मिट्टी में अम्लता और क्षारीयता का निर्धारण आवश्यक है। इसलिए हमें यह जानना चाहिए कि प्रतिशत विनिमय योग्य धन-आयन कलिल पर कितने परिमाण में है। इसे हम "प्रतिशत धन-आयन संतृप्ति" कहते हैं। यह वह प्रतिशत संख्या है जो कलिल के ऊपर विनिमय योग्य धन आयन (Ion) के रूप में वर्तमान है। इस संख्या का घनिष्ठ सम्बन्ध मिट्टी की अम्लता और क्षारीयता से है जिसे PH के रूप में प्रदर्शित करते हैं। यदि प्रतिशत धन-आयन संतृप्ति अधिक हुई तब मिट्टी में क्षारीयता आ सकती है।

विभिन्न प्रकार की मिट्टियों में प्रतिशत धन-आयन संतृप्ति अलग-अलग होती है। शुष्क प्रदेशों की मिट्टियों में कलिल, धन-आयन से संतृप्त रहता है। उष्ण प्रदेशों की मिट्टियों में कलिल के धन-आयन जल की अधिकता के कारण नीचे की ओर छनकर चले जाते हैं और उस पर प्रतिशत हाइड्रोजन अधिक रहता है। इस प्रकार की विभिन्नता जो प्रतिशत धन-आयन संतृप्ति में पायी जाती है, मिट्टी के PH से संबंध रखती है और वनस्पति उत्पादन तथा सफल कृषि-कला के लिए अत्यन्त महत्त्वपूर्ण जानने योग्य

बात है। उष्ण प्रदेशों में अत्यधिक पानी पड़ने से मिट्टी में जो अम्लता आती है उसका यही कारण है कि मिट्टी के कलिल पर धन-आयन अधिक अधिशोषित नहीं रहता तथा जल द्वारा छन कर नीचे चला जाता है।

इस चित्र में तीन प्रकार की मिट्टियों को दर्शाया गया है। पहली वह जिसमें धन-आयन संतृप्ति ५० प्रतिशत है। दूसरी और तीसरी वे हैं जिनमें धन-आयन संतृप्ति ८०-८० प्रतिशत है। पहली मिट्टी क्ले-लोम (Clay-loam) है, जिसमें कलिल अधिक है। इस मिट्टी में ५० प्रतिशत संतृप्ति रहने पर मिट्टी में अम्लता होती है और इसका PH ५.५ है। दूसरी मिट्टी वह है जिसमें कलिल अधिक होने पर भी चूने का व्यवहार किया गया है और प्रतिशत धन-आयन संतृप्ति ८० है तथा अम्लता अत्यन्त कम है। PH ६.५ के बराबर है। तीसरी मिट्टी बलुई है जिसमें ८० प्रतिशत संतृप्ति है और इसमें अम्लता अत्यन्त कम है। PH ६.५ के बराबर है।

यह मिली इक्वीवेलेन्ट (Milli-equivalent) अथवा मिली तुल्यांक भार अति महत्त्वपूर्ण संख्या है जो मिट्टी-रसायन की सभी पुस्तकों में कलिल के आयन (Ion) विनिमय के सम्बन्ध में दर्शायी जाती है।

विभिन्न प्रदेशों की मिट्टियों पर आयन विनिमय द्वारा पाये गये विभिन्न धन-आयन (Ion) प्रतिशत सम्पूर्ण धन-आयन के ऊपर, आगे सारणी संख्या ५२ में दिखलाये गये हैं।

इस परिच्छेद के आरम्भ में अधिकतर मिट्टी में तीन प्रकार के पाये गये सिलिकेट कलिल का रासायनिक अणु-सूत्र दिया गया है, जिनमें एक को केओलिनाइट समूह (Kaolinite group) कहते हैं जिसमें एक परत सिलिका और दूसरी परत एल्यू-मिना की रहती है। इस समूह में अन्य कई प्रकार के कलिल भी निहित हैं, जैसे—

हेलोसाइट (Halloysite), एनौक्साइट (Anauxite), डिकाइट (Dickite) तथा केओलिनाइट (Kaolinite)। इन सबों में केओलिनाइट (Kaolinite) अत्यन्त महत्त्वपूर्ण स्थान रखता है। यह खनिज परतदार है और इसकी केलासीय (Crystal) परत, एल्यूमिना और सिलिका एक दूसरी पर स्थित है। हर एकके लास की दो परतें एक दूसरी से आक्सिजन (Oxygen) द्वारा सम्बन्धित हैं, अर्थात् सिलिका और एल्यूमिना के बीच में आक्सिजन रहता है और दो केलासीय मात्रक (Crystal units) आपस में आक्सिजन और हाइड्रोक्सिल द्वारा सम्बन्धित हैं। इस सम्बन्ध को चित्र संख्या ६५ में दिखलाया गया है।

केलासीय मात्रक (crystal units) आक्सिजन और हाइड्रोक्सिल आपस में सम्बन्धित हैं, इसलिए उनके बीच की दूरी निश्चित (fixed) है और वह दूरी घट-बढ़ नहीं सकती। धन-आयन और जल इसके बीच में समा नहीं सकता। यही कारण है कि इस प्रकार के कलिल पर जल और धन-आयन की शोषण-शक्ति अत्यन्त कम है। इस प्रकार के कलिल का व्यास ०·००१ से ०·००५ मिलीमीटर तक होता है। इनकी परतें आपस में बड़ी दृढ़ शक्ति के साथ जुटी रहती हैं और इसलिए ये भंग नहीं हो सकतीं। अन्य सिलिकेट कलिल की अपेक्षा केओलिनाइट कलिल का भौतिक गुण, जैसे सुघट्यता (plasticity), संसंजन (cohesion), संकोचन (shrinkage), फुल्लन (swelling) इत्यादि अत्यन्त कम हैं। संक्षेप में यही कहना पड़ता है कि केओलिनाइट (Kaolinite) सम्पूर्णतः कलिल सम्बन्धी रासायनिक और भौतिक गुणों का प्रदर्शन नहीं करते।

मौन्ट मोरिलोनाइट समूह (Mont morillonite group) में बेडेलाइट (Beidellite), नौनट्रोनाइट (Nontronite), सैपोनाइट (Saponite) और मौन्ट मोरिलोनाइट (Mont morillonite) नामक खनिज कलिल (Mineral colloids) निहित हैं। इनमें मौन्ट मोरिलोनाइट ही अत्यन्त महत्त्वपूर्ण है, जैसा कि पहले कह चुके हैं। इसकी केलासीय रचना में दो परत सिलिका है तथा बीच में एक परत एल्यूमिना की है और दो केलासीय रचना (crystalline-structure) के बीचके स्थान में जल तथा विभिन्न धन-आयन स्थित है। एल्यूमिना और सिलिका की परतें केलासीय रचना में ऑक्सिजन और हाइड्रोक्सिल के द्वारा संयुक्त (join) की गयी हैं। उक्त चित्र में इस खनिज कलिल की केलासीय रचना की रूप-रेखा दिखलायी गयी है। दो केलासीय रचनाओं के बीच का स्थान घटता-बढ़ता रहता है और उसमें जलशोषण-शक्ति अधिक रहती है तथा धन-आयन अधिशोषण भी बढ़ सकता है। यही कारण है कि इस प्रकार का कलिल मिट्टी में वर्तमान रह-कर कृषि में सहायता पहुँचाता है। इसकी केलासीय रचना विच्छिन्न हो सकती है और कलिल का व्यास कम से कम ०·०१ माइक्रोन से लेकर २·० माइक्रोन* तक हो सकता है।

---

* एक माइक्रोन ०·००१ मिलीमीटर के बराबर है और इसको m कहते हैं।

इनके केलास का आकार माप केओलिनाइट से अत्यन्त कम है। यही कारण है कि इनका तल-क्षेत्रफल भी अधिक होता है और जल तथा पोषक द्रव्य अधिक मात्रा में शोषित होते हैं। इनमें भौतिक गुण, जैसे सुघट्यता, संसंजन, संकोचन, फुल्लन इत्यादि अधिक मात्रा में होते हैं तथा विक्षेपण (Dispersion) भी अधिक होता है। कभी-कभी विक्षेपण के अधिक होने से मिट्टी में टिल्थ (Tilth) की कमी हो जाती है।

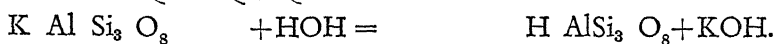
एक तृतीय प्रकार के खनिज कलिल भी मिट्टी में पाये जाते हैं, जिनका नाम है हाइड्रस माइका (Hydrysmica) और जो इलाइट (Illite) समूह में आते हैं। इनका रासायनिक अनुसूत्र (फार्मूला) चित्र सं० ६३ में दिया गया है। इनमें और मौन्ट मोरिलोनाइट में कोई अधिक अन्तर नहीं है। केवल केलासीय रचना के बीच के स्थान मौन्ट मोरिलोनाइट से कम हैं, जिसके कारण धन-आयन अधिशोषण शक्ति भी कम हो जाती है। कृषि के हेतु मिट्टी में इस कलिल की उपस्थिति इतनी लाभ-दायक नहीं होती जितनी मौन्ट मोरिलोनाइट द्वारा होती है।

सिलिकेट कलिल का भौगोलिक वितरण, उनके पैतृक खनिज के साथ सम्बन्ध रखता है। इसका यह अर्थ हुआ कि विभिन्न प्रकार के सिलिकेट कलिल एक-दूसरे के साथ मिश्रित रहते हैं और यद्यपि जलवायु का उनके वितरण और बनावट पर असर पड़ता है, फिर भी उनके साथ पैतृक खनिज का यथेष्ट सम्बन्ध रहता है। यही कारण है कि शुष्क प्रदेश में, जहाँ वर्षा अधिक है, केओलिनाइट (Kaolinite) के रहते हुए भी मौन्ट मोरिलोनाइट, जिसमें पोटाशियम अधिक रहता है, पाये जाते हैं। कारण, सम्भव है कि पोटाशियम में खनिज प्रचुर मात्रा में वर्तमान हो, जिसके द्वारा बेडेलाइट के बनने की संभावना है।

सिलिकेट कलिल की उत्पत्ति फेल्डस्पार (Feldspar), अबरख (Mica) ऐम्फीबोल्स (Amphi Boles), पाईरौक्सीन (Pyroxines) नामक खनिज से है। इन खनिजों का परिवर्तन मिट्टी में दो प्रकार से होता है। एक भौतिक और रासायनिक क्रियाओं द्वारा होता है, जिससे प्राथमिक खनिज उत्पन्न होते हैं, और दूसरा पैतृक खनिज के विच्छेदन और केलासन से, जिससे सिलिकेट कलिल की उत्पत्ति होती है। इन दोनों ही क्रियाओं का विशेष वर्णन नीचे दिया जाता है।

(१) **परिवर्तन (Alteration)**—खनिज का परिवर्तन रासायनिक क्रियाओं द्वारा हो सकता है। केलास के प्रजाल (Lattice) में कुछ विलेय तत्त्व रहते हैं, जिनको स्थानान्तरित करके दूसरे तत्त्व आ जाते हैं। उदाहरण स्वरूप सोडियम

और पोटाशियम जैसे विलेय तत्त्व हाइड्रोजन द्वारा हटाये जा सकते हैं। नीचे के समीकरण से यह स्पष्ट होता है।

$K\ Al\ Si_3\ O_8 \quad + HOH = \quad H\ AlSi_3\ O_8 + KOH.$

पोटाशियम एल्यूमिनियम सिलिकेट जल एल्यूमिनियम सिलसिक
अम्ल पोटाशियम हाइड्रोक्साइड

इस प्रकार तत्त्वों के हटाये जाने से खनिज सरंध्र (Porous) हो जाते हैं और शीघ्र ही टूटकर छोटे-छोटे टुकड़े होकर कलिल में परिवर्तित हो जाते हैं। इलाइट इसका साधारण उदाहरण है।

(२) **केलासन**—कलिल की उत्पत्ति में इस क्रिया का महत्त्वपूर्ण स्थान है। विलयन द्वारा जो ऋतुक्षरण होता है उसमें भिन्न-भिन्न पदार्थों की आपस में प्रतिक्रिया होकर केलासों का निर्माण होता है। उदाहरण स्वरूप केओलिनाइट (Kaolinite) लीजिए। यह खनिज एल्यूमिनियम और सिलिका के विलयन की आपस में प्रतिक्रिया द्वारा बनता है। इस केलासन क्रिया में मूल द्रव्य का सम्पूर्ण परिवर्तन हो जाता है और विभिन्न प्रकार के कलिल उत्पन्न होते हैं।

स्वच्छ खनिजों पर रासायनिकों ने विश्लेषण करके विभिन्न खनिजों के रासायनिक निर्माण और उसके रासायनिक सूत्र का पता लगाया है। ऐक्सरे नामक भौतिक यंत्र ने इस क्षेत्र में अधिक सहायता पहुँचायी है। नीचे हम कुछ खनिजों का रासायनिक सूत्र दे रहे हैं।

१. केओलिनाइट (Kaolinite)——$Al_4\ Si_4\ O_{10}\ (OH)_8$

२. मौन्ट मोरिलोनाइट (Mont morrilonite)—$Al_4\ Si_8\ O_{20}\ (OH)_4$
(मैगनीशियम ने कुछ एल्यूमिनियम को स्थानान्तरित किया)

३. बेडेलाइट (Beidellite)—वही जैसा मौन्ट मोरिलोनाइट है।
(केवल एल्यूमिनियम ने कुछ सिलिका को स्थानान्तरित किया)

४. इलाइट (Illite)——$K\ Al_2\ Si_4\ O_{10}\ (OH)_2$

५. मस्कोवाइट (Muscovite)——$K\ Al_2\ (Al\ Si_3\ O_{10})\ (OH)_2$

इन खनिजों के रासायनिक सूत्र से पता चलता है कि इनमें सिर्फ पोटाशियम, एल्यूमिनियम, सिलिका, आक्सिजन और हाइड्रोजन वर्तमान हैं। तब यह प्रश्न उठता है कि खनिजों के कलिल मिट्टी में किस प्रकार पौधों को पोषक द्रव्य पहुँचाने में समर्थ हो सकते हैं, क्योंकि ऊपर दिये हुए खनिज कलिल में बहुत से पोषक द्रव्य अनुपस्थित

हैं। पूर्व में यह उल्लिखित है कि कार्बनिक कलिल ह्यूमस के रूप में ऊपर दिये हुए अकार्बनिक कलिलों के साथ अत्यन्त घनिष्ठतापूर्वक सम्बन्धित हैं। ह्यूमस में हमें अनेक प्रकार के तत्त्व मिलते हैं, जैसे—नाइट्रोजन, फास्फेट, गंधक इत्यादि, जो अकार्बनिक कलिल की कमी पूरी करते हैं। अकार्बनिक कलिल में बहुत से धन-आयन भी शोषित रहते हैं, जैसे—कैलसियम, मैगनीशियम, पोटाशियम इत्यादि। अकार्बनिक और कार्बनिक कलिल का आपस में संयोग और घनिष्ठता मिट्टी की उर्वरा शक्ति के लिए प्रकृति की एक अद्‌भुत देन है। अत्यन्त चेष्टा करने के बाद रासायनिकों ने इस घनिष्ठता का परिचय इतना तो हमें अवश्य दिया है कि कार्बनिक कलिल का अकार्बनिक कलिल से सम्बन्ध होने पर धन-आयन अधिशोषण बहुत बढ़ जाता है और इस कारण से मिट्टी की उर्वरा शक्ति भी अधिक हो जाती है।

मिट्टी में कलिल की विनिमयशक्ति अकार्बनिक सिलिकेट कलिल और कार्बकिन ह्यूमस कलिल की परस्पर प्रतिशत मात्रा पर निर्भर है। सिलिकेट कलिल की विनिमयशक्ति की अपेक्षा ह्यूमस की विनिमय शक्ति अत्यन्त अधिक है। जब सिलिकेट कलिल की विनमयशक्ति १६ से लेकर ११० मिली इक्वीवेलेन्ट प्रति सौ होती है, तब ह्यूमस की शक्ति २५० से ४५० प्रति सौ ग्राम होती है। वैज्ञानिकों ने मिट्टी में स्थित कलिल की विश्लेषण क्रिया द्वारा यह जानने का प्रयत्न किया है कि कार्बनिक द्रव्यों के रहने से कलिल की अधिशोषण शक्ति में कितनी वृद्धि हो सकती है। नीचे के समीकरण में इन दोनों का सम्बन्ध दिखलाया गया है। कार्बनिक द्रव्यों को दो भागों में बाँटा गया है, एक वह जो सम्पूर्ण कार्बनिक द्रव्य का द्योतक है, इसको C_T कहते हैं; और दूसरा वह जो आक्सीकरण क्रिया को प्राप्त हो सकता है। इसे C_O कहते हैं।

$T = 0.57\ K + 4.55\ C_T$.——समीकरण—१

$T = 0.57\ K + 6.3\ C_O$.——समीकरण—२

T=पूर्ण धन-आयन (Base)

K=कलिल (Clay)

C_T=पूर्ण कार्बन

C_O=आक्सीकरण के योग्य कार्बन

यह समीकरण आगे दी हुई सारणी सं० ५३ के आँकड़ों पर स्थापित किया गया है।

सारणी संख्या ५३

मिट्टी में स्थित कलिल का विनिमय शक्ति और कार्बनिक कार्बन के साथ सम्बन्ध

मिट्टी	कलिल प्रतिशत	SiO_2 R_2O_3. कलिल का	कार्बनिक कार्बन		$CaCO_3$ %	पूर्ण धन-आयन मिली इक्वीवेलेन्ट परिगणित		पूर्ण धन-आयन मिली इक्वी-वेलेन्ट विश्लेषणद्वारा पाया गया
			पूर्ण	आक्सीकरण योग्य		समीकरण १. द्वारा	समीकरण २. द्वारा	
वेनेल क्ले	६३.५	२.३३	०.६४	०.१४	१३.६	३९.१	३७.१	३६.८
B. १४५९	५४.०	३.२४	१.५४	०.९६	८.३	३७.८	३६.८	३६.७
G. १०९	४१.७	२.७३	४.४५	२.४३	७.०	४४.०	३९.१	४०.०
हरपेनडेन	२४.७	२.०१	१.०६	०.५९	४.१	१८.८	१७.८	१८.६
G. २६ A.	३९.३	४.७८	२.५४	२.०६	३.६	३४.१	३५.४	३४.४
G. ११५ A.	२७.५	२.५६	१.९४	१.४५	३.३	२४.५	२४.८	२५.९
G. १३० A.	३४.३	२.८४	३.१४	२.२२	३.१	३३.८५	३३.५	३३.०
लिसफासी	२७.०	३.७९	२.२९	१.८३	३.१	२५.८	२६.९	२३.६

रेन्डजीना	५९.६	३.१३	१.६३	१.३०	२.७	४१.४	४२.२	४६.४
ग्रोस फोर्ड	९.३	२.०१	१.८९	१.५८	२.६	१३.९	१५.३	१६.१
F. ८५	२४.८	२.६१	२.०९	१.३६	२.४	२३.६५	२२.७	२२.५
G. १५७	२१.२	१.७९	२.३९	१.९१	२.२	२३.०	२४.२	२३.२
D. १२९	३३.६	१.६९	३.३४	२.६२	१.७	३४.३	३५.६५	३२.९
G. २०६	२३.६	१.९९	७.२१	३.०७	८.०	४६.२५	३२.८	३५.७
G. १७८ A.	४७.१	N.d.	३.६२	२.९५	३.३	४३.३	४५.४	३८.७
C. ५७	२२.९	,,	२.९८	१.८४	०.८	२६.६	२४.६	१३.६
F. १११	१९.०	,,	३.२८	२.२०	०.५	२५.८	२४.७	१९.३
Ab ३–५	२२.४	,,	३.१७	२.३६	०.२	२७.२	२७.६	१४.५

(रौबिन्सन द्वारा लिखित Soils, their origin, constitution and classification नामक पुस्तक के द्वितीय संस्करण, पृष्ठ १२२ से उद्धृत।)

इन आँकड़ों से प्रकट होता है कि समीकरण द्वारा पाया गया धन-आयन विनिमय-शक्ति-विश्लेषण द्वारा पायी गयी शक्ति के प्रायः समान है। मिट्टी सं० G 206 में कोयले की मात्रा अधिक होने से समीकरण संख्या १ के द्वारा पाये गये आँकड़े कुछ अधिक हैं।

पहले यह उल्लेख किया गया है कि मिट्टी में स्थित सिलिकेट कलिल एक ऋण-आयन जैसा लक्षण दिखलाता है और उसके तल पर धन-आयन विद्युत-शक्ति द्वारा शोषित होते हैं। सिलिका (Si) का लक्षण आम्लिक (Acidic) है और एल्युमिना (Al) का लक्षण भास्मिक (Basic) है। बाहरी भाग आम्लिक (Acidic) होने से इसके ऊपर ऋण विद्युत का प्रभाव है और यह धन-आयन (ion) को आर्कषित करता है, जिस पर धन विद्युत का प्रभाव है। इसी कारण से मिट्टी के कलिल पर धन-आयन शोषित होते हैं और ऋण तथा धन विद्युत के दो प्रभाव अलग-अलग उत्पन्न होते हैं, जिन्हें इसके आविष्कारक श्री हेल्मौज के नाम पर "Helmontz double layer", पुकारा जाता है। कलिल पर दोनों प्रकार की विद्युत के होने से विभव-अन्तर (Potential difference) तथा विभव-प्रवणता (Potential gradient) का आविर्भाव होता है। इसे आंकिक रूप में भी दर्शाया गया है, जिसे नीचे के समीकरण में दिया जाता है।

$$P.D. = ed/Dr^2$$

P.D.=विभव अन्तर (Potential difference)
e=कलिल पर विद्युत की मात्रा
d=धन विद्युत स्तर और ऋण विद्युत स्तर के बीच की दूरी
D=पार विद्युत नियतांक ((Dia-electric constant)
r=कलिल की त्रिज्या

किसी भी कलिल के लिए e/dr^2 एक नियतांक है, इस कारण से विभव अन्तर P.D., दोनों स्तर के बीच की दूरी "d" पर निर्भर करेगा। यदि दूरी अधिक रही तब विभव अन्तर भी अधिक होगा। "d" अर्थात् दोनों स्तरों की दूरी, धन-आयन के जल-योजन (Hydration) पर निर्भर है। जितना अधिक जलयोजन होगा, उतनी ही "d" की संख्या बढ़ जायगी। धन-आयन की जलयोजन-वृद्धि क्रमानुसार नीचे दी जा रही है।

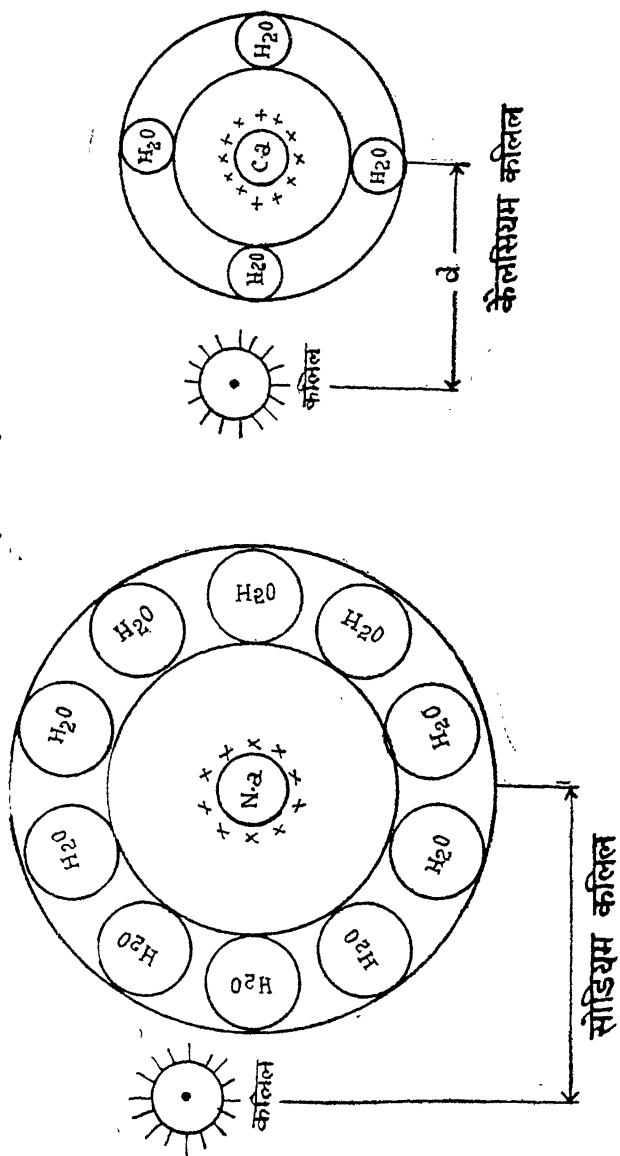
"Li7 Na7 K7 Rb. 7 cs 7 H"

यद्यपि हाइड्रोजन के जलयोजन का पता नहीं चला है, फिर भी हाइड्रोजन-कलिल पर विभव-अन्तर सबसे कम है और इसका स्थायित्व भी सबसे कम है। कलिल पर विद्युत-विभव की कमी से कलिल आपस में मिलकर एक श्लेषिका (Miscelles) का रूप धारण कर लेते हैं और अत्यन्त शीघ्र ही तल में जमा होने लगते हैं। इस क्रिया का नाम स्कंदन (coagulation) है।

मिट्टी के यान्त्रिक विश्लेषण के प्रकरण (परिच्छेद–३) में यह उल्लेख किया गया है कि मिट्टी के कणों की मात्रा हम इनके वेग (velocity) का उपयोग करने पर जान पाते हैं। यह वेग जब कलिल पर विभव (potential) की कमी होगी तब बढ़ जायगा, अर्थात् धन-आयन (cation) के जलयोजन में कमी होने से स्कंदन होगा और कलिल का वेग नीचे के तल की ओर अधिक होगा। यही कारण है कि मिट्टी की यान्त्रिक विश्लेषणक्रिया में सोडियम नामक तत्त्व के लवण (sodium-hydroxide) का प्रयोग किया जाता है। इस तत्त्व का जलयोजन अधिक है और फलस्वरूप कलिल पर ऋण विद्युत और धन विद्युत की आपस में दूरी अर्थात् "d" की मात्रा अधिक है, जिसके कारण विद्युत विभव भी अधिक है और कलिल शीघ्र स्कन्दन को नहीं प्राप्त होते। ऐसी अवस्था होने पर कलिल की माप सुगमतापूर्वक हो सकती है, क्योंकि इसका वेग ऐसा नहीं होता कि वह शीघ्र ही तल में जमा होकर बैठ जाय। कैलसियम नामक तत्त्व का जलयोजन (Hydration) कम है और इसके द्वारा कलिल (clay-colloid) पर विभव मात्रा अत्यन्त कम होने से कलिल-स्कन्दन होने लगता है और वे तल की ओर बैठने लगते हैं।

चित्र संख्या ६६ में सोडियम तथा कैलसियम आयन के साथ कलिल का संसर्ग और इसके द्वारा उत्पन्न विभव अंतर (P.D.) तथा दूरी (d) दिखलायी गयी है।

कलिल के कण अपने तल पर ऋण-विद्युत रखते हैं और उनका स्वतंत्रतापूर्वक विभव होना आवश्यक है। किसी कारणवश जब यह विभव एक क्रांतिक मान (critical value) से अधिक रहता है, तब कलिल के कण आपस में मिल नहीं सकते और अपने वेग द्वारा बराबर चलायमान रहते हैं। इस क्रांतिक मान को आइसो एलेक्ट्रिक पोएन्ट (Aiso-electric-points) कहते हैं। विभिन्न प्रकार के कलिलों के लिए यह मान अलग-अलग है और इसका सम्बन्ध pH से है।

कलिलों पर धन आयन के अधिशोषण में ऊर्जा का समावेश है। जब एक धन-आयन दूसरे को स्थानान्तरित करता है तब ऊर्जा का आविर्भाव होता है। अधिक ऊर्जा होने पर स्थानान्तरित करने की क्रिया में कठिनाई पड़ती है।

चित्र संख्या—६६—सोडियम और कैलसियम आयन के साथ कलिल का संसर्ग

धन-आयन को स्थानान्तरित करने में जो ऊर्जा की आवश्यकता पड़ती है, उसका नीचे दिये गये क्रमानुसार विनिमयनियतांक (Exchange-constant) के आँकड़ों से पता चलता है।

H.	Li	Na.	K.	Rb.	Cs.
58.117	3.500	6.066	9.896.	11.55.	13.112.

Mg.	Ca.	Sr.	Ba.
29.802.	41.128.	49.882.	69.137.

ऊपर के आँकड़े धन-आयन स्थानान्तरित ऊर्जा के द्योतक हैं। हाइड्रोजन को, जिसका सबसे कम आयन त्रिज्या है, सबसे अधिक जलयोजित (hydrated) होना चाहिए और अत्यन्त सुगमता-पूर्वक स्थानान्तरित होना चाहिए। किन्तु ऐसी बात नहीं है। धन-आयन स्थानान्तरित क्रिया में ऊर्जा के समावेश से पता चलता है कि हाइड्रोजन की ऊर्जा बहुत अधिक है और इसको कलिल पर से स्थानान्तरित करना कठिन कार्य है। यह एक ऐसी बात है जिसके विषय में वैज्ञानिक अभी तक पता नहीं चला सके हैं।

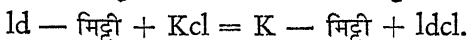
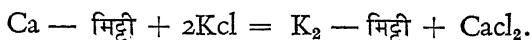
हाइड्रोजन की स्थानान्तरित ऊर्जा (Energy of replacement) के अधिक होने से कलिल पर स्थित हाइड्रोजन-आयन को अन्य धन-आयन द्वारा पूर्णतया स्थानान्तरित करना कठिन कार्य है। कलिल पर स्थित धन-आयनों का आपस में विनिमय उनके जलयोजन पर निर्भर है और जलयोजन, जैसा कि चित्र सं० ६६ में दिखलाया गया है, उनकी त्रिज्या पर निर्भर करता है। विभिन्न आयनों का व्यास और अधिक से-अधिक जल-योजन शक्ति नीचे दी जाती है।

जलयोजन शक्ति

व्यास A°	H.	Li.	Na.	K.	Rb.	Cs.
ऐन्गस्ट्रम मात्रक A° (Angstrium unit) में $A° = 10^{-10}$ meter के	१.०६	३.००	३.५५	४.१५	४.५०	४.७५
अधिक से अधिक जलयोजन जल (H_2O) के आणव (mole) में	०	१२०	६६	१७	१४	१३

जब किसी मिट्टी को हम उदासीन लवण के साथ मिलाते हैं, जैसे पोटाशियम क्लोराइड, तब मिट्टी पर इस लवण की ऐसी क्रिया होने लगती है, जिससे उसके कलिल के तल पर स्थित कैलसियम स्थानान्तरित होकर पोटाशियम आ जाता है और कैलसियम

क्लोराइड अलग हो जाता है। उसी प्रकार यदि हम किसी आम्लिक मिट्टी पर पोटाशियम क्लोराइड की क्रिया करते हैं तब मिट्टी के कलिल पर पोटाशियम शोषित हो जाता है और हाइड्रोजन स्थानान्तरित हो जाता है, अर्थात् हाइड्रोजन क्लोराइड बाहर निकल जाता है। इस प्रकार की क्रिया को हम विनिमय कहते हैं। नीचे के समीकरण में यह दिखलाया गया है।

Ca — मिट्टी + 2Kcl = K_2 — मिट्टी + $Cacl_2$.
ld — मिट्टी + Kcl = K — मिट्टी + ldcl.

इस क्रिया का पता पहले-पहल टौम्सन (Thomphson) और वे (Way) ने १८५० ई० में और १८५२ ई० में लगाया था। जब उन लोगों ने मिट्टी को अमोनियम सल्फेट नामक खाद के घोल के साथ मिलाया, तब मिट्टी में अमोनिया नामक केटाएन शोषित हो गया और कैलसियम छनकर जल में चला आया। वे (Way) ने इस बात का भी पता चलाया कि ये क्रियाएँ मिट्टी में कलिलों पर होती हैं और उसी प्रकार हुआ करती हैं जिस प्रकार दो लवण आपस में रासायनिक क्रिया द्वारा द्विक विच्छेदन (Double Decomposition) को प्राप्त होते हैं। वे और टौम्सन के आविष्कार के बाद इस क्रिया पर अनेक महत्त्वपूर्ण अनुसंधान हुए हैं। लिबिग ने बतलाया कि इस तरह का अधिशोषण एक भौतिक क्रिया है और ठीक उसी प्रकार है जिस प्रकार कोयले की बारीक बुकनी पर विभिन्न प्रकार के कार्बनिक रंग का अधिशोषण हुआ करता है। इस प्रकार का अधिशोषण तल-तनाव (surface-tension) द्वारा होता है जो एक भौतिक क्रिया है। हो सकता है कि इस प्रकार की क्रिया मिट्टी में हो, किन्तु लिबिग के सिद्धान्त के द्वारा यह पता नहीं चलता कि मिट्टियों का द्विक-विच्छेदन, विलयनशील लवण के साथ किस प्रकार होता है। यदि तल-तनाव द्वारा अधिशोषण होता है, तब लवण के सभी आयन अधिशोषित होंगे, किन्तु मिट्टी में जो अधिशोषण होता है वह धन-आयन तक परिमित है। वे ने १८५२ ई० में इस क्रिया को एक रासायनिक क्रिया बतलाया, किन्तु उस समय कलिल के रासायनिक गुण का पता नहीं चल सका था, इसलिए कलिलों पर धन-आयन विनिमय को रासायनिक क्रिया के सिद्धान्त द्वारा बतलाना संभव नहीं था। वीनर (Weigner) ने १९१२ ई० में इस विषय पर विशेष अनुसंधान किया और अंकगणित द्वारा मिट्टियों के कलिल पर होनेवाले विनिमय को फ्रेन्डलिश (Friendlish,) के समीकरण द्वारा स्थापित किया। यदि मिट्टी की किसी तौल को हम "Y" मानें, "C" को विलयन में आयन का सान्द्रण

मान लें और K तथा p को नियतांक (constant) मान लें, तब विलयन की संतुलन (Equilibrium) अवस्था में वह समीकरण नीचे दिया जाता है।

$$Y = KC^{1/p}.$$

जो भी आयन मिट्टी के कलिल से पृथक् होते हैं वे मिट्टी में ही रहते हैं और मिट्टी तथा उसके विलियन में बँट जाते हैं। हो सकता है कि मिट्टी का पुनः-पुनः कई बार लवण के विलयन द्वारा परिच्यवन (Leaching) करने पर और परिच्युत विलयन को हटाते रहने पर कलिल पर के सम्पूर्ण धन-आयन स्थानान्तरित हो जायँ। इस प्रकार की क्रिया हिसिंक (Hissink) ने १९२२ ई० में की थी। २५ ग्राम मिट्टी लेकर उसने फिल्टर पेपर पर रखकर कई बार एक लिटर नौरमल क्लोराइड द्वारा परिच्यवन किया। फलस्वरूप कलिल पर के सभी आयन स्थानान्तरित हो गये और सोडियम-आयन कलिल पर विराजमान हो गया। हिसिंक ने यह भी बतलाया कि इस क्रिया में समय बहुत कम लगता है और यही कारण है कि इसे तल क्रिया के रूप में माना गया है।

किसी भी मिट्टी के कलिल में अधिकतर कैलसियम अधिशोषित रहता है और हिसिंक के विश्लेषण द्वारा कैलसियम ७९ मिली इक्वीवेलेन्ट, मैगनीसियम १३, पोटाशियम २ और सोडियम ६ मिली इक्वीवेलेन्ट रहता है। यह कोई नियत संख्या नहीं है परन्तु फिर भी इसी के लगभग सभी धन-आयन की मात्राएँ पायी जाती हैं।

ऊसर मिट्टी में जहाँ लवण अधिक है, सोडियम की मात्रा अधिक पायी जाती है।

उन मिट्टियों में जिनमें कैलसियम कार्बोनेट का आधिक्य है, कलिल पर कैलसियम अधिक मात्रा में अधिशोषित और संतृप्त (saturated) रहता है। जब इस संतृप्त मात्रा में कमी आती है तब मिट्टी को "भस्म-असंतृप्त" (Base-unsaturated) कहते हैं, अथवा उसे केवल "असंतृप्त" (un-saturated) कह सकते हैं। इस प्रकार की मिट्टी कार्यशालाओं में बनायी जा सकती है। मिट्टी का हम तनु (dilute) अम्ल द्वारा परिच्यवन करते हैं। अम्ल के परिच्यवन से मिट्टी के कलिल पर हाइड्रोजन अधिशोषित हो जाता है और कैलसियम क्लोराइड या एसिटेट का यौगिक बनकर अलग हो जाता है। प्रकृति में भी मिट्टी में इस प्रकार की क्रिया होती रहती है, जहाँ कैलसियम कार्बोनेट की अनुपस्थिति में जल द्वारा परिच्यवन होता है। इस प्रकार की क्रिया मिट्टी में कार्बन-डाई-आक्साइड के रहने से अधिक बढ़ जाती है। मिट्टी में कार्बन-डाई-ऑक्साइड पौधों की जड़ और जीवाणुओं के विच्छेदन तथा

पौधों के सड़ने की क्रिया द्वारा प्राप्त होता है। मिट्टी में गंधक के आक्सीकरण द्वारा सलफ्यूरिक अम्ल बनता है, यह अम्ल भी इस क्रिया में सहायता पहुँचाता है। उन

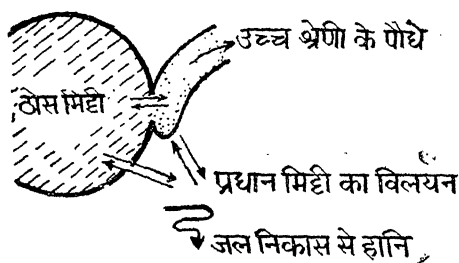
चित्र सं० ५७—कैलसियम की संतृप्ति से पी एच की वृद्धि

प्रदेशों में, जहाँ वर्षा अत्यन्त अधिक होती है और जल द्वारा परिच्यवन अधिक होता है, मिट्टी असंतृप्त हो जाती है अर्थात् उसके कलिल पर के सभी धन-आयन हाइड्रोजन में परिवर्तित हो जाते हैं। बलुई मिट्टियों की भी यही दशा होती है।

जितनी ही अधिक असंतृप्त अवस्था मिट्टी की होगी, उतनी ही मिट्टी में अम्लता अधिक पायी जायगी। अम्लता के ज्ञान के लिए पी-एच की सहायता ली गयी है। पी-एच हाइड्रोजन-आयन-सान्द्रण (concentration) का ऋणात्मक लघु-गणक (Negative logarithm) है। धन-आयन द्वारा कलिलों की संतृप्ति का सम्बन्ध pH के साथ चित्र संख्या ६७ में दिखलाया गया है।

उक्त चित्र से यह प्रकट होता है कि ज्यों-ज्यों कैलसियम की संतृप्ति बढ़ती जाती है, त्यों-त्यों pH भी बढ़ता जाता है। असंतृप्त मिट्टियों में पी-एच ४ हो सकता है और पूर्ण संतृप्ति पाने पर पी-एच ८ हो सकता है। कार्बनिक द्रव्यों के कलिल जब असंतृप्त रहते हैं तब उनका पी-एच ४ हो सकता है, किन्तु अकार्बनिक कलिल का पी-एच, सिलिका, फास्फेट और ह्यूमिक एसिड, जो आम्लिक हैं, तथा एल्यूमिनियम और लोह आक्साइड, जो भास्मिक हैं, उनके परस्पर अनुपात पर निर्भर रह सकता है। मिट्टी के कलिल, जिनमें सिलिका अधिक रहती है, जैसे—बेन्टोनाइट (Bentonite), जब असंतृप्त होंगे, तब उनमें लोह-कलिलपूर्ण मिट्टी (लैटेराइट, Laterites) अथवा रक्त मिट्टी की अपेक्षा अम्लता अधिक होगी।

अब पौधों के उत्पादन के निमित्त तथा कृषि की सफलता के लिए, मिट्टी में कलिल पर होनेवाली विनिमय-क्रिया की प्रधानता बतलायी जाती है और यह भी बतलाया जाता है कि इस क्रिया का प्रभाव मिट्टी पर किस प्रकार पड़ता है।

पौधे विशेषतः जड़ द्वारा मिट्टी में स्थित धन-आयन और ऋण-आयन शोषित करते हैं। बहुत दिनों तक यह क्रिया वैज्ञानिकों के लिए, विशेष करके वनस्पति-रसायन के विशेषज्ञों के लिए, अज्ञेय थी। पूर्व काल में इस क्रिया को जड़ों द्वारा विसरण (Differsion) के सिद्धान्त पर समझाने की चेष्टा की गयी, किन्तु कुछ ही वर्ष पूर्व कैलीफोरनिया (U.S.A.) के वैज्ञानिकों ने होगलैण्ड (Hoagland) के नेतृत्व में कार्य करके यह सिद्ध किया है

चित्र सं० ६८—**जड़ों और ठोस पदार्थ में आयन का विनिमय**

कि पौधों की जड़ें मिट्टी में स्थित कलिल तथा ठोस पदार्थ के साथ अत्यन्त घनिष्ठ

सम्बन्ध स्थापित करती हैं और जड़ तथा ठोस पदार्थ में आयन (Ions) का विनिमय बहुत ही सुगमतापूर्वक होता है। जड़ों द्वारा आयन का लिया जाना पौधों के पत्तों में अथवा जड़ों में होनेवाली रासायनिक क्रिया के अधीन है। पौधों में रासायनिक क्रियाएँ जब किसी विशेष आयन की आवश्यकता उत्पन्न करती हैं, तब वह आयन जड़ों द्वारा मिट्टी से लिया जाता है। चित्र संख्या ६८ में इस आदान-प्रदान कला को दिखलाने की चेष्टा की गयी है।

चित्र में जड़ों का मिट्टी के ठोस पदार्थों के साथ अति निकट का सम्बन्ध दिखलाया गया है। ये ठोस पदार्थ कलिल के रूप में आयन का विनिमय अपने तल पर करते हैं और फिर पौधों की जड़ों को आयन उनसे प्राप्त होता है। इस प्रकार यह क्रिया बराबर होती रहती है। जैसे-जैसे किसी तत्त्व के आयन अथवा किसी यौगिक आयन (Ionic-compound) की आवश्यकता वनस्पति में होनेवाली रासायनिक क्रिया द्वारा प्रेषित होती है, वैसे-वैसे यह आयन मिट्टी में स्थित कलिल पर से जड़ों द्वारा ले लिया जाता है।

वह मिट्टी, जिसमें स्थित कलिल कैलसियम से संतृप्त है, कृषि के हेतु अत्यन्त उपयुक्त है। ऐसी मिट्टी बहुत शीघ्र ही दानेदार विन्यास (Granular structure) को प्राप्त हो जाती है और अधिक मटियार अथवा चिकनी मिट्टी के कारण जो हानि होने की संभावना होती है, उसे कम करती है। कलिल पर कैलसियम के होने से मिट्टी में वायु और जल का प्रवेश सुगमतापूर्वक होता रहता है। कलिल में सिलिका अधिक रहता है और मिट्टी के स्तर में चिकनी मिट्टी (Clay) एकत्रित नहीं होती। ह्यूमस भी स्थिरता प्राप्त कर लेता है, इस कारण उसका परिच्यवन नहीं होता।

उष्ण प्रदेश में जहाँ मिट्टी में प्राकृतिक रूप में कैलसियम-कार्बोनेट विद्यमान है, अथवा जहाँ खाद के रूप में कैलसियम दिया गया है, इस प्रकार की मिट्टी का होना संभव है। कैलसियम-संतृप्त मिट्टी की अम्लता कम होगी और इसका pH ८ के लगभग होगा। जब कैलसियम कार्बोनेट मिट्टी में अधिक नहीं रहेगा तब pH लगभग ७ के बराबर होगा। जैसे-जैसे विनिमय-योग्य कैलसियम कम होता जायगा, पी एच भी कम होगा और अन्त में पूर्ण असंतृप्त अवस्था में पी एच लगभग ४ के हो जायगा। जो मिट्टी के कलिल पूर्णतया असंतृप्त है, उन्हें हाइड्रोजन-मिट्टी (Hydrogen soil) के नाम से सम्बोधित करते हैं। हाइड्रोजन-मिट्टी का pH कलिल की अवस्था पर तथा अन्य अम्ल, जैसे सलफ्यूरिक और ह्यूमिक अम्ल की मात्रा पर निर्भर है।

असंतृप्त मिट्टी के कलिल में स्थिरता नहीं रहती है । यह दो प्रकार से होता है। प्रथम तो कलिल भौतिक क्रिया द्वारा विक्षेपित (Dispressed) हो जाते हैं । यह अधिकतर ऐसी अवस्था में होता है जब कलिल में सिलसिक अम्ल तथा ह्यूमिक अम्ल अधिक रहता है। अधिक लोह् और एल्यूमिनियम के होने से असंतृप्त मिट्टियों में विक्षेपण कम होता है ।

कलिल का विक्षेपण होने से नीचे के स्तर में चिकनी मिट्टी एकत्रित होती है। द्वितीय स्थिरता की अवस्था रासायनिक क्रिया द्वारा प्राप्त होती है। इसमें चिकनी मिट्टी का विच्छेदन होता है। यह भी दो प्रकार से होता है। एक वह जिसमें ह्यूमिक अम्ल होने से लोह् और एल्यूमिनियम ऑक्साइड (sesonioxide) छनकर नीचे के स्तर में एकत्रित होता है, इसे पौडसोलाइजेसन (Podsolization) कहते हैं और इस प्रकार की मिट्टी का नाम पौडसोल (Pod sol) है। दूसरा वह जिसमें कार्बनिक द्रव्यों का शीघ्र खनिजायन (Mineralization) होने से ह्यूमिक अम्ल (Humic-acid) नहीं रहता और सिलिसिक अम्ल (silicic acid) नीचे के स्तर में एकत्रित होता है, तथा मिट्टी के स्तर पर लोह् और एल्यूमिनियम ऑक्साइड अधिक मात्रा में एकत्रित होने लगता है। मिट्टी ऐसी अवस्था में लाल रंग धारण कर लेती है । इस क्रिया को हम लैटराइजेशन (Laterization) कहते हैं । इस मिट्टी का नाम लैटराइट (Laterite) है। बीच की अवस्था भी हो सकती है जिसमें दोनों ही द्रव्य सिलिसिक अम्ल और लोह तथा एल्यूमिनियम आक्साइड का ह्रास होता है। ऐसी मिट्टी भूरे रंग की होती है। पौडसोल (Podsol) और लैटराइट जलवायु की दो भिन्न अवस्थाओं में होती हैं।

इसका विशेष वर्णन, मिट्टी के वर्गीकरण वाले परिच्छेद में किया गया है। यहाँ इतना ही लिख देना यथेष्ट है कि पौडसोल नामक मिट्टी वहीं पायी जाती है जहाँ वर्षा अधिक होती है और जहाँ शीत तथा आम्लिक ह्यूमस अधिक होता है।

लैटराइट नामक मिट्टी उन प्रदेशों में बनती है, जहाँ उष्णता अधिक होती है और अधिक वर्षा होने से सिलिसिक अम्ल का ह्रास होता है।

एक तीसरे प्रकार की मिट्टी वह है जिसके कलिल पर सोडियम-आयन अधिक मात्रा में शोषित होता है। इसका वर्णन अष्टम परिच्छेद में किया गया है।

फास्फोरस नामक ऋण-आयन भी मिट्टी के कलिल पर शोषित होता है। वह कहाँ और किस प्रकार शोषित होता है, इसका पता अभी तक नहीं है। यह पता चलता है कि चिकनी मिट्टी के कण के ऊपर तथा उसके अन्तर में फास्फेट शोषित हो सकता

है। इसके साथ-साथ मिट्टी में फास्फेट और तीन अवस्थाओं में रहता है—(१) एल्यूमिनियम और लोह के साथ यौगिक बनकर, (२) कैलसियम के साथ यौगिक बनकर और (३) कार्बनिक फास्फेट के रूप में।

जब भी हम विलयनशील फास्फेट को मिट्टी में खाद के रूप में डालते हैं, फास्फेट कैलसियम, लोह और एल्यूमिनियम द्वारा अविलयनशील हो जाता है और पौधों के लिए अप्राप्य हो जाता है।

सबसे अधिक फास्फेट की अप्राप्यता —

यह pH ३.३ से लेकर pH ५.५ तक पाया गया है। कैलसियम फास्फेट पौधों के लिए प्राप्य हो सकता है। एल्यूमिनियम फास्फेट पौधों के लिए थोड़ा प्राप्य होता है किन्तु लोह फास्फेट पौधों के लिए प्राप्य नहीं होता। यदि मिट्टी में स्थित कलिल के ऊपर भस्म अधिक मात्रा में हो, तब फास्फेट पौधों के लिए अप्राप्य हो जाता है। अम्ल की अधिकता होने पर फास्फेट प्राप्य हो जाता है।

मिट्टी में अवकरण और ऑक्सीकरण के द्वारा बहुत से द्रव्य पौधों के लिए प्राप्य होते हैं। ऑक्सीकरण क्रिया में एक परमाणु, एक इलेक्ट्रान बहिष्कृत करता है और इस प्रकार वह धन विद्युत प्राप्त करता है। इसके ठीक विपरीत अवकरण (Reduction) क्रिया में एक परमाणु, इलेक्ट्रान को ले लेता है और ऋण विद्युत प्राप्त करता है। ये दोनों क्रियाएँ मिट्टी में हुआ करती हैं और इस प्रकार एक विद्युत-विभव बन जाता है, इस विद्युत-विभव का सम्बन्ध पौधों की जड़ों से रहता है। इसी विभव के ऊपर पोषक द्रव्यों की प्राप्ति निर्भर रहती है।

आठवाँ परिच्छेद

मिट्टी में अम्लता तथा क्षारीयता

पहले हम कह चुके हैं कि कलिल के ऊपर यदि हाइड्रोजन की मात्रा अधिक अधिशोषित रहेगी, तब मिट्टी में अम्लता अधिक हो जायगी और यदि धन-आयन की मात्रा अधिक अधिशोषित होगी तो मिट्टी में क्षारीयता हो जायगी। ये धन आयन, जैसे सोडियम और पोटाशियम, जल के साथ प्रतिक्रिया करके सोडियम हाइड्रोक्साइड में परिवर्तित हो जाते हैं और सोडियम हाइड्रोक्साइड एक अत्यन्त तीव्र क्षार है।

मिट्टी को उसके कलिल की संतृप्ति के अनुसार हम तीन भागों में बाँट सकते हैं। (१) आम्लिक मिट्टी (२) उदासीन मिट्टी (Neutral soil) (३) क्षार अथवा ऊसर मिट्टी।

इन तीनों प्रकार की मिट्टियों को भली-भाँति समझने के लिए हमें अम्लता और क्षारीयता का माप सम्बन्ध (scale-relation) जानने की आवश्यकता है, जैसा कि पहले उल्लेख किया गया है। यह माप सम्बन्ध pH द्वारा दिखलाया जाता है। pH यदि ७ से अधिक होता है तब उसे हम क्षारीयता निर्धारित करते हैं और ७ से कम pH रहने पर अम्लता निर्धारित करते हैं तथा ७ pH रहने पर हम उसे उदासीनता बतलाते हैं। यहाँ पर pH को विस्तारपूर्वक जानने की आवश्यकता है। pH हाइड्रोजन आयन सान्द्रण के व्युत्क्रम (Reciproal) का लघुगणक (Logarithm) है। एक लिटर आसुत जल (Distilled water) में ०.००००००१ ग्राम हाइड्रोजन आयन रहता है। एक लिटर नारमल हाइड्रोक्लोरिक अम्ल में, एक ग्राम हाइड्रोजन आयन रहता है। किसी भी नौरमल अम्ल में एक ग्राम हाइड्रोजन रहता है। ०.०१ नौरमल (सामान्य) अम्ल ०.०१ ग्राम हाइड्रोजन आयन रहता है। जैसा कि ऊपर कहा गया है कि आसुत जल उदासीन है। इस उदासीन अवस्था में इसके अन्दर ०.००००००१ ग्राम हाइड्रोजन आयन रहता है। यह एक बड़ी संख्या हो जाती है और लिखने में कठिनाई होती है, इसलिए इसका व्युत्क्रम कर दिया जाता है जो १००००००० के बराबर है। इसका लघुगणक ७ के बराबर है, अर्थात् १० को ७ बार गुणा करने से यह

संख्या आ जाती है। यह ७ लघुगणक हुआ और इसे ही हम pH कहते हैं। नीचे की दी हुई संख्याओं द्वारा pH और हाइड्रोजन और हाइड्रोक्सिल आयन (H, ion; oH, ion) की नारमेलिटी (सामान्यता) का आपस में संबंध बतलाया गया है।

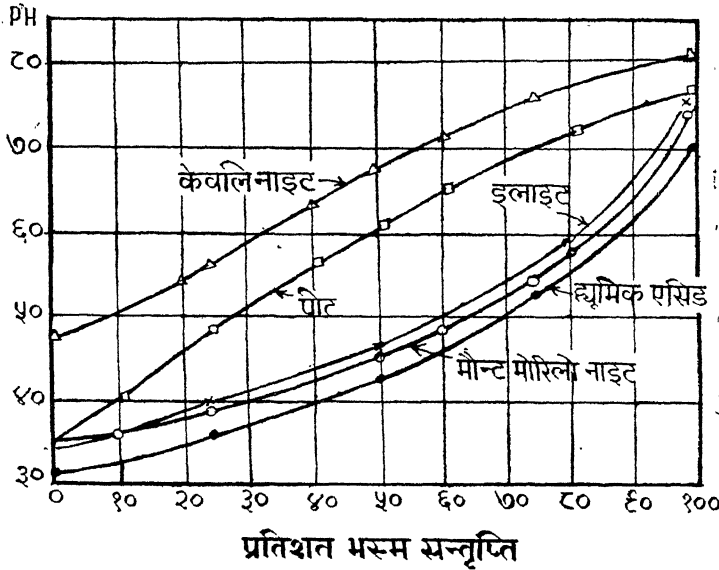
सारणी संख्या ५४

पी-एच	आम्ल, हाइड्रोजन की नारमेलिटी,	क्षार, हाइड्रोजन की नारमेलिटी,	poH
०	१.०.	०.०००.०००,०००,०००,०१,	१४
१	०.१.	०.०००,०००,०००,०००१,	१३
२	०.०१.	०.०००,०००,०००,००१,	१२
३	०.००१.	०.०००,०००,०००,०१,	११
४	०.०००१.	०.०००,०००,०००१.	१०
५	०.०००,०१.	०.०००,०००,००१,	९
६	०.०००,००१.	०.०००,०००,०१.	८
७	०.०००,०००,१.	०.०००,०००१,	७
८	०.०००,०००,०१.	०.०००,००१,	६
९	०.०००,०००,००१.	०.०००,०१,	५
१०	०.०००,०००,०००१.	०.०००१,	४
११	०.०००,०००,०००,०१.	०.००१,	३
१२	०.०००,०००,०००,००१.	०.०१.	२
१३	०.०००,०००,०००,०००१.	०.१.	१
१४	०.०००,०००,०००,०००,०१.	१.०.	०

मिट्टी का pH ४ से १० के बीच में रहता है। उष्ण प्रदेश की मिट्टी अधिकतर आम्लिक होती है और इसका pH, ७ से नीचे होता है। जिन मिट्टियों में कैलसियम तथा चूने की मात्रा अधिक रहती है, उनमें क्षारीयता आ जाती है और उनका पी-एच ७.५ से लेकर ८.५ तक होता है, तब उनमें क्षारीयता अत्यन्त अधिक आ जाती है और यह दशा सोडियम लवण के कारण होती है। सोडियम लवण क्षारीयता उत्पन्न करता है और मिट्टी के कलिल पर अधिक मात्रा में सोडियम अधिशोषित होता है। कैलसियम मिट्टी में जितना ही कम होगा, उतना ही pH कम होता जायगा और अम्लता बढ़ती जायगी। मिट्टी में अम्लता को ठीक करने के लिए चूने का प्रयोग करते हैं। नीचे दिये हुए pH माप के द्वारा आप समझ सकेंगें कि मिट्टी की अम्लता और क्षारीयता का pH से क्या संबंध है।

किसी मिट्टी का pH, कार्यालय में अत्यन्त शीघ्रतापूर्वक निकाला जा सकता है। यह दो प्रकार से होता है। एक विद्युत शक्ति द्वारा, और दूसरा वर्ण माप (colouri-metric) यन्त्र द्वारा। यहाँ विस्तारपूर्वक इन क्रियाओं को लिखने की आवश्यकता नहीं समझी जाती pH का मिट्टी में स्थित कलिल के ऊपर धन-आयन संतृप्ति के साथ घनिष्ठ सम्बन्ध है। इस सम्बन्ध के द्वारा pH का माप जानकर हम धन आयन संतृप्ति का पता लगा सकते हैं। चित्र (संख्या ६९) में pH का धन-संतृप्ति के साथ सम्बन्ध दिखलाया गया है।

जैसा कि आप इस चित्र में देखेंगे, भिन्न-भिन्न मिट्टियों में, विभिन्न प्रकार के कलिलों के होने के कारण यह सम्बन्ध भी भिन्न-भिन्न है। मोन्ट-मोंरिलोनाइट, जिसका pH. ६.५ है, ९०% प्रतिशत भस्म (Base) संतृप्त है। इसी प्रकार मोन्ट-मोरिलोनाइट, जिसका pH ५ होगा, ६५% प्रतिशत भस्म संतृप्त होगा। इसी प्रकार के ओलोनाइट में भी pH को जानकर भस्म संतृप्ति का ज्ञान प्राप्त कर सकते हैं। pH के जानने से मिट्टी में अम्लता को शुद्ध करने के लिए और उदासीनता (Neutrality) लाने के लिए चूने के प्रयोग में सहायता पहुँचती है। चूने का प्रयोग पी-एच पर निर्धारित किया जाता है।

एक मिली इक्वीवेलेन्ट हाइड्रोजन, प्रति सौ ग्राम मिट्टी में बराबर है ०.००१ ग्राम हाइड्रोजन के तथा इसके इक्वीवेलेन्ट के। और यह संख्या १००००० ग्राम मिट्टी के १ ग्राम के बराबर है अथवा दस भाग प्रति दस लाख में। इसलिए १ मिली-इक्वीवेलेन्ट बराबर है २० पौंड हाइड्रोजन प्रति बीस लाख पौण्ड मिट्टी में। (एक एकड़ मिट्टी ६½" इंच गहरी=२० लाख पौण्ड के)

चि० सं० ६९—**पी-एच का धन संतृप्ति के साथ सम्बन्ध**

५० पौण्ड कैलसियम कार्बोनेट एक पौंड हाइड्रोजन के बराबर है। इसलिए ५०×२०×१ मिलीइक्वीवेलेन्ट अर्थात् १००० पौण्ड कैलसियम कार्बोनेट एक मिली-इक्वीवेलेन्ट हाइड्रोजन को उदासीन करने के लिए आवश्यक होगा। इससे यह पता चलता है कि किसी भी एक एकड़ मिट्टी में १ मिली इक्वीवेलेन्ट हाइड्रोजन के लिए शक्ति ½ कैलसियम कार्बोनेट की आवश्यकता होगी। यदि किसी मिट्टी की विनिमय शक्ति २० मिली इक्वीवेलेन्ट है और pH ५ है और यदि मिट्टी को ६.५ pH पर लाना है, तब उसमें चूना देने की मात्रा इस प्रकार गणना द्वारा जानी जा सकती है।

pH. ६.५ (२० का ९०%)=१८ मिली इक्वीवेलेन्ट.

PH. ५.० (२० का ६५%)=१३ मिली इक्वीवेलेन्ट.
घटाव= ५ मिली इक्वीवेलेन्ट.

इससे यह साबित हुआ कि ५ मिली इक्वीवेलेन्ट हाइड्रोजन को उदासीन करना है, जिसके लिए २½ टन कैलसियम कार्बोनेट प्रति एकड़ आवश्यक होगा। आजकल इस प्रकार के अनेक मिट्टी मापक यन्त्र निकल चुके हैं, जिनके द्वारा शीघ्र ही मिट्टी में pH का विश्लेषण किया जा सकता है और उसके अनुसार एक बुद्धिमान् गृहस्थ ऊपर दी हुई गणना के अनुसार अपने खेत की मिट्टी में चूने के प्रयोग की मात्रा जान सकता है, यदि उसके खेत की मिट्टी अम्लता प्रगट करती हो।

क्षारीयता और अम्लता के कारण

जैसा कि उल्लेख किया गया है, क्षारीयता और अम्लता मिट्टी के कलिल पर धन आयन और हाइड्रोजन आयन के अधिशोषण द्वारा हुआ करती है। उष्ण प्रदेशों में जहाँ वर्षा अधिक होती है और आर्द्रता अधिक है, खेतों से वाष्पीकरण नहीं होता और इस कारण मिट्टी में भस्म का परिच्यवन (Leaching) हो जाता है। शुष्क प्रदेशों में, जहाँ परिच्यवन नहीं होता, खनिजों (Rocks) के ऋतुक्षरण (weatheirng) द्वारा भस्म मिट्टी के ऊपरी सतह पर एकत्रित हो जाते हैं। यदि किसी कारणवश धरती के नीचे का स्थायी जल स्रोत (water-table) ऊपर उठ आता है और जमीन की सतह के निकट हो जाता है, तब केशीय जल (capillary water) के साथ अधिक मात्रा में लवण ऊपर सतह पर आकर एकत्रित हो जाते हैं, क्योंकि ऊपरी सतह पर जल का वाष्पीकरण हो जाता है और ये लवण रह जाते हैं। लवणों के एकत्रित होने से मिट्टी में क्षारीयता आ जाती है।

मिट्टी की क्षारीयता और अम्लता के साथ पौधों का सम्बन्ध—उष्ण प्रदेशों में जहाँ भस्मों के परिच्यवन से अम्लता आ जाती है, कैलसियम की कमी हो जाती है। पौधों की जड़ों को कैलसियम के लेने के लिए, सतह के बहुत नीचे जाना पड़ता है। उन पौधों के लिए यह क्रिया अत्यन्त तीव्र गति से होती है, जिनको कैलसियम की आवश्यकता अधिक होती है। इन पौधों की जड़ें अधिक मात्रा में कैलसियम नीचे से ले लेती हैं और तल पर कैलसियम के अधिक आ जाने से, अम्लता में कुछ कमी आजाती है, किन्तु पौधे यदि अधिक कैलसियम नहीं लेते, तो इस तत्त्वका परिच्यवन अत्यन्त शीघ्रतापूर्वक होने लगता है। बड़े-बड़े वृक्ष भस्म (base) को बहुत कम ग्रहण करते हैं तथा घास इत्यादि छोटे-छोटे पौधे अधिक मात्रा में कैलसियम को ले लेते हैं। बड़े-बड़े वृक्ष मिट्टी में अम्लता होने पर भी जीवित रह सकते हैं और वस्तुतः ये मिट्टी

में अम्लता भी लाते हैं। किन्तु छोटे-छोटे वृक्ष, जैसे घास इत्यादि मिट्टी में जड़ों द्वारा कैलसियम लाकर अम्लता को कम करते हैं। यही कारण है कि जिन मिट्टियों पर घास इत्यादि उपजती हैं, उनकी अपेक्षा जंगल की मिट्टियों में, जिन पर बड़े-बड़े वृक्ष उपजते हैं, अम्लता अधिक होती है। कार्बनिक द्रव्यों के प्रयोग से मिट्टी में प्रतिशत भस्म संतृप्ति (Percentage Base saturation) कम हो जाती है, क्योंकि कार्बनिक द्रव्यों के द्वारा अम्ल की उत्पत्ति होती है और ह्यूमिक एसिड का निर्माण होता है। सारणी संख्या ५५ में खेतों पर किये गये अनुसंधान द्वारा विभिन्न प्रकार की फसलों के उत्पादन का pH, के साथ सम्बन्ध दिखलाया गया है। फसल उत्पादन की मात्रा सबसे अधिक उपज को १०० (सौ) मान कर उसके ऊपर प्रतिशत दी गयी है।

सारणी संख्या ५५

फसलें Crops	औसत उपज भिन्न-भिन्न pH. पर.				
	४.७ pH.	५.० pH.	५.७ pH.	६.८. pH.	७.५ pH.
मक्का (corn)	३४	७३	८३	१००	८५
गेहूँ (wheat)	६८	७६	८९	१००	९९
जौ (oats)	७७	९३	९९	९८	१००
बार्ली (Barley)	०	२३	८०	९५	१००
अल्फाल्फा (Alfalfa)	२	९	४२	१००	१००
Sweet Clover	०	२	४९	८९	१००
Red Clover.	१२	२१	५३	९८	१००
Alsike Clover.	१३	२७	७२	१००	९५
Mammoth clover,	१६	२९	६९	१००	९९
Soybeans.	६५	७९	८०	१००	९३
Timothy.	३१	४७	६६	१००	९५

पी एच का पौधों द्वारा मिट्टी में स्थित पोषक द्रव्यों की प्राप्ति से सम्बन्ध

१. **नाइट्रोजन**—इस तत्त्व के सभी भस्म (base) किसी भी पी एच पर ग्राह्य है। कार्बनिक द्रव्यों का खनिजीकरण सबसे अधिक पी एच ६–८ पर निर्भर है।

२. **फौस्फेट**—इस तत्त्व के भस्म ६.५ पी एच के नीचे विलयनशील नहीं होते, इसलिए पौधों के लिए ये अप्राप्य होते हैं। जैसे-जैसे पी एच ७.५ से अधिक होता जाता है, वैसे-वैसे इसका विलयन भी कम होता जाता है। मिट्टी में पी एच के कम होने से और अधिक अम्लता के आ जाने से लौह और एलमुनियम विलयनशील (soluble) हो जाते हैं और इस अवस्था में ये फौसफोरस को अवक्षेप (Precipitate) करते हैं। ६.५ pH पर मिट्टी में लौह और एल्यूमिनियम विलयन की अवस्था में अत्यन्त कम रहते हैं और इस कारण से फौसफोरस पौधों के लिए अप्राप्य नहीं होता। ६.५ pH के लगभग फौसफोरस पौधों के लिए प्राप्य हो जाता है। जब मिट्टी का pH ६.५ से अधिक होने लगता है तब फौसफोरस पौधों के लिए अप्राप्य होने लगता है, कारण ऐसी अवस्था में कैलसियम के अधिक रहने से कैलसियम फौस्फेट अवक्षेपित होने लगता है और यह यौगिक (chemical compound) अविलयनशील है और पौधों के लिए अप्राप्य है। pH ६.५ से pH ८.५ तक की अवस्था में फौसफोरस कैलसियम द्वारा अधिक क्षारीयता होने के कारण पौधों के लिए अप्राप्य हो जाता है। पी एच ८.५ के ऊपर जो भी क्षारीयता मिट्टी में होती है, वह पौधों के लिए फौसफोरस के प्राप्य होने में बाधक नहीं होती। पी एच, ८.५ पर मिट्टी में सोडियम फौस्फेट नामक यौगिक बनता है, जो विलयनशील है और पौधों को प्राप्य है।

३. **पोटासियम**—आम्लिक मिट्टी (Acid soil) में चूने के प्रयोग द्वारा पौधों के लिए पोटाशियम की प्राप्यता कम हो जाती है। चूने का प्रयोग इसलिए किया जाता है कि यह द्रव्य भास्मिक (Basic) है और मिट्टी में अम्लता को कम करता है। अम्ल मिट्टी में पोटाशियम की कमी रहती है, क्योंकि इस प्रकार की मिट्टी में परिच्यवन (Leaching) अधिक होने से मिट्टी में स्थित कलिल पर शोषित होनेवाले भस्म, जैसे पोटाशियम, सोडियम, इत्यादि विनिमय द्वारा पृथक् होकर परिच्युत जल के साथ नीचे के स्तर में पहुँच जाते हैं और पौधों के लिए अप्राप्य हो जाते हैं। उन मिट्टियों में, जो परिच्युत नहीं होती, भस्म अधिक रहते हैं और पोटाशियम की प्राप्यता पौधों के लिए अधिक होती है। जिन मिट्टियों में खाद के साथ, चूना अधिक व्यवहार किया गया है, उनमें विनिमय योग्य पोटाशियम २०० पौण्ड प्रति एकड़

रहने पर भी यह तत्त्व पौधों के लिए अप्राप्य हो सकता है। अधिक कैलसियम के होने से यह अवस्था हो जाती है। pH ७.५ से pH ८.५ तक यह अवस्था मिट्टी में वर्तमान रहती है, और पोटाशियम प्राप्य होने के लिए हानिकारक है।

४. **गन्धक**—मिट्टी के किसी भी pH पर गन्धक पौधों के लिए प्राप्य हो सकता है। गन्धक की भी वही दशा है जो नाइट्रोजन की है। नाइट्रोजन जैसे कार्बनिक अवस्था में वर्तमान रहता है, वैसे ही गन्धक भी कार्बनिक अवस्था में रहता है, और पौधों द्वारा शोषित होने के लिए इसे अकार्बनिक अवस्था में परिवर्तित होना पड़ता है। यह परिवर्त्तन सभी pH पर हो सकता है, किन्तु pH ६ से pH ८ के अन्तर में यह क्रिया सुगमतापूर्वक जारी रहती है। कम pH की अवस्था में मिट्टी में गन्धक की प्राप्यता पौधों के लिए कम हो जाती है, क्योंकि इस अवस्था में इस द्रव्य का परिच्यवन अधिक हो जाता है।

५. **लौह, मैंगनीज, ताम्र और जस्ता** (Iron, manganese, copper and zinc)—इन तत्त्वों से बने हुए लवण अम्लता की अवस्था में अधिक विलयनशील है। pH ५ के नीचे की अम्लता में लौह अधिक विलयनशील होने से मिट्टी में इस तत्त्व को पौधे सुगमतापूर्वक प्राप्त कर लेते हैं, किन्तु इसके विपरीत ताम्र, मैंगनीज और जस्ता, इस pH पर अविलयनशील होने के कारण अधिक सुगमतापूर्वक प्राप्य नहीं होते। जिस मिट्टी में चूने का प्रयोग अधिक हुआ है, अथवा जिस मिट्टी में क्षारीयता अधिक है, उसमें इनमें से कोई भी धातु पौधों के लिए सुगमतापूर्वक प्राप्य नहीं हो सकती।

६. **कैलसियम और मैगनीशियम**—(Calcium and Magnesium,)—
कैलसियम और मैगनीशियम अधिक pH पर प्राप्य हो सकते हैं। किन्तु अधिक सोडियम के कारण क्षारीयता अधिक हो तो इन धातुओं की प्राप्यता कम हो जायगी। मिट्टी में कैलसियम और मैगनीशियम के परिच्यवन द्वारा अम्लता होती है। यही कारण है कि क्षारीयता की अवस्था में ये धातुएँ पौधों के लिए प्राप्य हो सकती हैं। pH ८.५ के ऊपर कैलसियम और मैगनीशियम पौधों के लिए अप्राप्य हो सकते हैं।

७. **बोरान**—(Boron) pH ५ से pH ७ तक बोरान अधिक प्राप्य होता है। ८.५ बोरान की विलेयता अत्यन्त कम है और यही कारण है कि यह धातु पौधों के लिए इस pH पर कम प्राप्य है। अधिक pH पर सोडियम और कैलसियम बोरान की विलेयता को कम कर देते हैं, जिस कारण यह धातु पौधों के लिए अप्राप्य हो जाती है।

८. मौलिब्डेनम (Molybdenum) —कम pH पर मौलिब्डेनम, लौह और एल्यमिनियम द्वारा अवक्षेपित (Precepitated) हो जाता है, इस कारण यह अधिक प्राप्य नहीं हो सकता।

अधिक अम्लता से हानि

इसका कोई भी प्रमाण नहीं है कि हाइड्रोजन आयन प्रत्यक्ष रूप में, पौधों के लिए आम्लिक मिट्टी में हानिकारक होता है। अधिक अम्लता की अवस्था में हाइड्रोजन अप्रत्यक्ष रूप में हानि पहुँचा सकता है। इसके द्वारा एल्यूमिनियम और मैंगनीज का विलयन मिट्टी में स्थित जल द्वारा अधिक होता है और ये धातुएँ पौधों के लिए हानिकारक होती हैं। pH ५ के नीचे एल्यूमिनियम अधिक विलियनशील होने के कारण हानिकारक होता है। अनुसंधान द्वारा यह सिद्ध है कि एक भाग एल्यूमिनियम प्रति १० लाख भाग जल में पौधों के लिए हानिकारक है। अधिक अम्लता की अवस्था में इससे भी अधिक सान्द्रण (Concentration) की सम्भावना है। जैसे-जैसे pH कम होता जाता है, मैंगनीज की विलयनशीलता बढ़ती जाती है और सम्भव है कि अधिक अम्लता होने पर मैंगनीज पौधों के लिए हानिकारक हो। ५ भाग मैंगनीज प्रति दस लाख भाग जल में पौधों के लिए हानिकारक सिद्ध हुआ है। किन्तु ०.१ के १ भाग प्रति दस लाख भाग जल में पौधों की वृद्धि में लाभदायक सिद्ध हुआ है।

मिट्टी में आम्लता लाने की क्रिया—कभी-कभी इसकी आवश्यकता होती है कि जिस मिट्टी में क्षारीयता है, उसमें अम्लता ला दी जाय। तीन द्रव्यों द्वारा यह क्रियान्वित हो सकता है। मिट्टी में गन्धक लौह सल्फेट (Ferrous sulphate), अथवा एल्यूमिनियम सल्फेट के प्रयोग से मिट्टी की क्षारीयता, अम्लता में परिणत हो जाती है। मिट्टी में इन द्रव्यों के प्रयोग की मात्रा उसी प्रकार निर्धारित की जा सकती है, जिस प्रकार कैलसियम (चूना) के प्रयोग की मात्रा का ज्ञान विनिमय-शक्ति (Exchange-capacity) द्वारा निर्धारित किया जाता है। विनिमय-शक्ति का ज्ञान विश्लेषण क्रिया द्वारा प्राप्त कर और पी एच का पता लगाकर हम यह जान सकते हैं कि कितना गंधक प्रति एकड़ मिट्टी में देने से कितना पी एच होगा। यदि पी एच ६.५ है और विनिमय शक्ति ३० मिली इक्वीवेलेन्ट प्रति १०० ग्राम है,

तब pH ५ पर

यदि pH ६.५ पर ८९% भस्म सन्तृप्ति है।
pH ५.० पर ६८% भस्म सन्तृप्ति है।

२१% ३० विनिमय शक्ति का=६.३ मिली इक्वीवेलेन्ट

गन्धक का इक्वीवेलेन्ट भार=१६

६.३×१६×२०=२०१६ पौण्ड गन्धक प्रति एकड़

$\frac{२०१६}{४८४०}$=०.४१ पौण्ड प्रति वर्गगज।

गन्धक का यह वजन मिट्टी के पी एच को ६.५ से ५ पर ला देगा।

मिट्टी में क्षारीयता

क्षारीयता का कारण—शुष्क प्रदेश में जहाँ वर्षा अधिक नहीं होती, मिट्टी के कलिल पर स्थित भस्मों का परिच्यवन कठिनता से हो पाता है। ये भस्म मिट्टी की ऊपरी सतह पर एकत्रित होकर मिट्टी में क्षारीयता का गुण ला देते हैं। किसी कारण यदि जलस्रोत मिट्टी की सतह के अधिक सन्निकट है, तब विभिन्न धन आयन के लवण (salts of cations) शुष्कता के कारण ऊपर चले आते हैं। इन कारणों से मिट्टी का pH ७.५ से ८ तक आ जाता है। सोडियम नामक धन आयन के एकत्रित होने से pH ८ के ऊपर भी हो सकता है। इस धन-आयन के एकत्रित होने से नीचे लिखी हुई हानियाँ हो सकती हैं—

१—सोडियम, चिकनी मिट्टी का विक्षेपण करता है, जिससे मिट्टी की कण-रचना का ह्रास होता है।

२—यदि सोडियम कार्बोनेट के रूप में रहा तब वह ह्यूमस नामक कार्बनिक द्रव्य का विलयन करता है और यह द्रव्य मिट्टी के नीचे परिच्यवन द्वारा एकत्रित होता है।

३—अधिक pH होने से लौह, ताम्र, मैंगनीज तथा जस्ता का विलयन कठिनता से होता है और ये तत्त्व पौधों के लिए अप्राप्य हो जाते हैं।

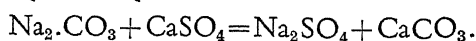
४—लवणों का सान्द्रण अधिक होने से रसाकर्षण (osmises) में अन्तर पड़ जाता है और पौधे मिट्टी से पोषक द्रव्य सुगमतापूर्वक नहीं ले सकते।

यदि मिट्टी की विशेष रचना के कारण जल का परिच्यवन अथवा नीचे की ओर गमन नहीं हो सकता तो लवण जो वर्षा अथवा सिंचाई द्वारा मिट्टी पर एकत्रित होते हैं, मिट्टी के नीचे के स्तर में छनकर नहीं जा सकते। इस कारण से पी एच अधिक हो जाता है और क्षारीयता आ जाती है।

मिट्टी में अधिक क्षारीयता पौधों के लिए अहितकर है। इसे दूर करने के लिए नीचे दिये गये उपाय काम में लाये जा सकते हैं। इस क्रिया के लिए कारण जानना अत्यन्त आवश्यक है।

१—यदि मिट्टी पर अधिक लवण जमा हो गया है और यह नीचे की ओर परिच्युत नहीं होता तब हमें जल की सिंचाई द्वारा उस लवण को बहाकर दूर फेंक देना चाहिए।

२—यदि क्षारीयता का कारण सोडियम का लवण है तब हमें गन्धक या गन्धक का लवण जो कैलसियम सल्फेट कहलाता है, प्रयोग करना चाहिए। गन्धक द्वारा सल्फ्यूरिक अम्ल बनता है जो सोडियम कार्बोनेट को सोडियम सल्फेट में परिवर्तित करता है। पौधों को सोडियम सल्फेट से उतनी हानि नहीं होती जितनी सोडियम कार्बोनेट से होती है। यह क्रिया मिट्टी में होती है और नीचे दिये हुए समीकरण द्वारा इसका ज्ञान हो जाता है।

$$Na_2.CO_3 + CaSO_4 = Na_2SO_4 + CaCO_3.$$

इस क्रिया द्वारा मिट्टी का pH भी कम हो जाता है।

गन्धक के प्रयोग से pH में जो कमी होती है, वह नीचे की सारणी (सं० ५६) में दिखलायी गयी है।

सारणी संख्या ५६

मिट्टी में गन्धक डालने से pH में कमी		
समय	pH	गन्धक का परिमाण, पौण्ड प्रति एकड़
गन्धक के प्रयोग के पहले	९.६	—
दो सप्ताह के बाद	९.२ ९.२	८०० १६००
१५ सप्ताह के बाद	७.५ ७.३	८०० १६००

३—कार्बनिक द्रव्यों के प्रयोग से मिट्टी का pH घट जाता है तथा क्षारीयता का नाश होता है। इसके प्रयोग से मिट्टी की रचना में उन्नति होती है और मिट्टी से पौधों द्वारा नाइट्रोजन प्राप्त करने की शक्ति अधिक हो जाती है।

वैज्ञानिकों का मत है कि अधिक क्षारीयता का नाश करने के लिए गन्धक कार्बनिक द्रव्य, जैसे पत्तों और मलमूत्र की बनायी हुई खाद, रेंड़ी की खली तथा

जिपसम (Calcium Sulphate) मिलाकर देना उचित है। इस मिश्रण के प्रयोग से अधिक लाभ पहुँच सकता है।

अधिक चूना द्वारा क्षारीयता—उष्ण प्रदेश की मिट्टियों में, जहाँ कि मिट्टी कैलसियम निर्मित चट्टानों से उत्पन्न होती है और जहाँ जलस्रोत पृथ्वी के तल के सन्निकट हैं, कैलसियम एकत्रित होकर क्षारीयता उत्पन्न करता है। इस कारण से कहीं-कहीं १० प्रतिशत कैलसियम कार्बोनेट पाया जाता है। भारतवर्ष में उत्तरी बिहार की कुछ मिट्टियों में २० प्रतिशत तक कैलसियम कार्बोनेट पाया जाता है। इन मिट्टियों का pH ८.५ तक पहुँच जाता है। कुछ फसलों को इन मिट्टियों द्वारा अधिक हानि पहुँचती है। मक्का को पोटाशियम कम प्राप्त होता है, जौ सुदृढ़रूप से खड़ा नहीं रह सकता। किसी-किसी फसल के पत्ते पीले पड़ जाते हैं।

इन मिट्टियों से अधिक लाभ पहुँचाने के लिए नीचे दी गयी क्रियाओं को करना आवश्यक है।

१—नाइट्रोजन युक्त खाद का व्यवहार आवश्यक है।

२—कार्बनिक खाद का व्यवहार करना आवश्यक जान पड़ता है क्योंकि ये खाद मिट्टी की क्षारीयता को नाश करती हैं।

३—पोटाशियम युक्त खाद देनी चाहिए, क्योंकि मिट्टी में अधिक कैलसियम के रहने पर पौधों द्वारा पोटाशियम की प्राप्ति कम हो जाती है।

४—जल द्वारा क्षार को बहा देना आवश्यक है।

५—जहाँ लौह की मात्रा कम हो, वहाँ ऐसी मिट्टी पर लौह के लवण का प्रयोग करना चाहिए।

मिट्टी में चूने का प्रयोग

मिट्टी में अम्लता होने से कैलसियम की कमी हो जाती है। जिस मिट्टी में कैलसियम अधिक हो, वह मिट्टी कृषि के लिए सर्वोत्तम समझी जाती है। चूने के व्यवहार में यह बात ध्यान में रखना आवश्यक है कि इसके साथ-साथ फसल का हेर-फेर भी ऐसे होना चाहिए, जिससे मिट्टी में कार्बनिक द्रव्य यथेष्ट मात्रा में रह सकें। यद्यपि चूने के प्रयोग से निकट भविष्य में फसल का उत्पादन बढ़ जाता है, फिर भी कुछ ही समय के बाद फसल का उत्पादन कम हो जाता है, और मिट्टी में नाइट्रोजन की कमी हो जाती है। चूने के प्रयोग से मिट्टी की उत्पादन-शक्ति अप्रत्यक्ष रूप से बढ़ जाती है। चूने के प्रयोग से मिट्टी के जीवाणु कार्बनिक द्रव्य से नाइट्रोजन को पृथक् करते हैं और उसे पौधों द्वारा प्राप्य कर देते हैं। ऐसी अवस्था में अधिक समय के उपरान्त मिट्टी में

नाइट्रोजन की कमी हो जाती है। यही कारण है कि चूने के साथ कार्बनिक द्रव्य का प्रयोग आवश्यक है अथवा फसल के हेर-फेर द्वारा तथा दलहन श्रेणी की फसल के उत्पादन के द्वारा, कार्बनिक द्रव्य की वृद्धि करनी चाहिए।

अंग्रेजी में एक कहावत है—"LIME MAKES THE FATHERS RICH, BUT THE SONS POOR" इसका अर्थ है चूना के प्रयोग करने से मिट्टी की उर्बरा-शक्ति शीघ्र ही बढ़ जाती है, किन्तु बहुत दिनों के बाद यह शक्ति घट जाती है। यह अवस्था तभी हो सकती है जब मिट्टी में कार्बनिक द्रव्य नहीं रहें। चूने के प्रयोग से मिट्टी में कार्बनिक द्रव्य विच्छेदित हो जाते हैं और उत्तरोत्तर नाइट्रोजन की न्यूनता का अनुभव होने लगता है। दलहन श्रेणी के पौधे कैलसियम अधिक उपयोग करते हैं, इसलिए अम्लीय मिट्टियों में इन पौधों के उपजाने के लिए चूने का प्रयोग आवश्यक समझा जाता है। चूने के प्रयोग के पहले मिट्टी का pH निकालना अत्यन्त आवश्यक है। मिट्टी के pH के ऊपर चूने की मात्रा निर्भर है।

सारणी संख्या ५७ में विभिन्न पी एच पर चूने का प्रयोग दिखलाया गया है।

सारणी संख्या ५७

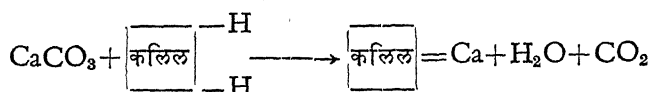
विभिन्न मिट्टियाँ, चूने का प्रयोग टन में

पी एच	दोमट मिट्टी, कम कार्बनिक द्रव्य के साथ	दोमट मटियार मिट्टी, अधिक कार्बनिक द्रव्यके साथ	दोमट बलुई मिट्टी, कम कार्बनिक द्रव्य के साथ	दोमट मटियार मिट्टी, कम कार्बनिक द्रव्य के साथ
६.०	०.७५	१.५	०.२५	०.२५
५.५	१.५	३.०	०.५	१.०
५.०	२.२५	४.२५	१.०	१.५
४.५	३.०	६.०	१.५	२.०

चूने का प्रयोग मिट्टी में चूने के पत्थर को चूर्ण करके किया जाता है। चूने का जितना ही बारीक चूर्ण बना दिया जायगा, उतना ही वह मिट्टी में अधिक क्रियाशील होगा। चूना छानने की विविध प्रकार की चलनियाँ हुआ करती हैं, जिनमें बारीक

छिद्र होते हैं। इन चलनियों का नाम है--**मेश स्क्रीन** (Mesh-screen)। साठ मेश-स्क्रीन की चलनी सबसे अच्छी होती है और इससे छनकर जो चूना निकलता है वह शत-प्रतिशत उपयुक्त होता है।

चूना खनिज द्वारा प्राप्त होता है। चूने के खनिज में कैलसियम आक्साइड रहता है अथवा कैलसियम कार्बोनेट भी रह सकता है। इसमें कुछ मैगनीशियम कार्बोनेट भी रहता है। यही कैलसियम और मैगनेशियम कार्बोनेट मिट्टी के साथ क्रियाशील हो कर मिट्टी की अम्लता को कम कर देता है। नीचे दिये हुए समीकरण से यह सिद्ध होता है। मिट्टी की अम्लता, मिट्टी के कलिल पर हाइड्रोजन के शोषण से होती है। समीकरण में यह दिखलाया गया है कि हाइड्रोजन को स्थानान्तरित करके कैलसियम किस प्रकार कलिल का स्थान ग्रहण कर लेता है।

$$CaCO_3 + \boxed{\text{कलिल}}\begin{matrix}-H \\ -H\end{matrix} \longrightarrow \boxed{\text{कलिल}} = Ca + H_2O + CO_2$$

कैलसियम सल्फेट का व्यवहार नहीं किया जा सकता, क्योंकि यह द्रव्य मिट्टी में अम्लता लाता है। इससे सल्फ्यूरिक अम्ल की उत्पत्ति होती है।

मिट्टी में चूना देने के एक वर्ष के बाद उसका फल प्राप्त होता है, इसलिए चूना फसल की बोआई के बहुत पहले देना चाहिए। सबसे अच्छी बात तो यह होती है कि हरी खाद के लिए दलहन बोते समय चूना दिया जाय।

मिट्टी में चूने के प्रयोग के सम्बन्ध में एक बात ध्यान रखने योग्य है कि अधिक चूना अत्यन्त हानिकारक होता है। इसके अधिक होने से लौह, फौसफेट, मैंगनीज, बोरान, ताबां और जस्ता नामक तत्त्व पौधों के लिए अप्राप्य हो जाते हैं। पोटासियम भी अप्राप्य हो जाता है।

नवाँ परिच्छेद

मिट्टी की विश्लेषण-क्रिया तथा कृषि के लिए इसका उपयोग

मिट्टी के विभिन्न रासायनिक द्रव्यों का उल्लेख किया जा चुका है। विभिन्न प्रकार के खनिज मिट्टी में पाये जाते हैं। कुछ खनिज तो ऐसे हैं जो पौधों को पोषक द्रव्य प्रत्यक्ष रूप में प्रदान करते हैं।

१८४० ई० में लेबिग ने जो सिद्धान्त स्थापित किया उसके द्वारा हम यह जान सके कि पौधे मिट्टी से पोषक द्रव्य खनिज लवण के रूप में शोषित करते हैं। उस समय रासायनिकों ने समझा कि पौधों के लिए पोषक द्रव्यों की मात्रा अत्यन्त सुगमतापूर्वक मिट्टी की विश्लेषण-क्रिया द्वारा जानी जा सकती है, किन्तु पीछे चलकर यह सिद्धान्त अप्रमाणित सिद्ध हुआ, क्योंकि मिट्टी की पूर्ण विश्लेषण-क्रिया द्वारा जो भी लवण तथा खनिज तत्त्व पाया जाता है उनका सम्बन्ध पौधों द्वारा शोषित लवण तथा खनिज तत्त्व के साथ कुछ भी नहीं है। आधुनिक समय में मिट्टी का पूर्ण विश्लेषण अनावश्यक समझा गया है। पूर्ण विश्लेषण द्वारा हम केवल मिट्टी के विभिन्न प्रकार के खनिजों का पता लगा सकते हैं। किन्तु यह ज्ञात नहीं हो सकता कि कौन-सी फसल के लिए कितना खनिज द्रव्य अथवा लवण मिट्टी में उपयुक्त मात्रा में उपस्थित है।

पूर्ण विश्लेषण-क्रिया हाइड्रोक्लोरिक ऐसिड की प्रतिक्रिया द्वारा अथवा गलन (Fusion) द्वारा की जाती है। इस क्रिया द्वारा सभी खनिज तत्त्वों का पूर्ण पता चलता है, किन्तु पौधे इस मात्रा को पूर्णतया उपयोग में नहीं लाते। यह मात्रा जो इस विश्लेषण क्रिया द्वारा निकलती है कहीं अधिक होती है। मिट्टी की विश्लेषण-क्रिया रासायनिकों के लिए एक विषम समस्या बन गयी। रासायनिक यह जानना चाहते हैं कि मिट्टी में भिन्न प्रकार के तत्त्व पौधों के लिए कितनी मात्रा में उपयुक्त हो सकते हैं और पौधे विभिन्न तत्त्वों को कितनी मात्रा में शोषित करते हैं। कोई-कोई पौधे मिट्टी पर छः महीने तक लगातार पनपते रहते हैं और कोई पौधे एक वर्ष तक भी रह सकते हैं। बागवानी (Horticulture) की क्रिया में कुछ ऐसे पौधे भी हैं जो १०–२० साल तक निरन्तर मिट्टी से पोषक द्रव्यों को लेते रहते हैं। सभी पौंधों की जड़ें एक समान नहीं होतीं। कुछ पौधों की जड़ें मिट्टी की ऊपरी सतह पर ही रह जाती हैं, कुछ की जड़ें छः फुट गहराई तक जाती हैं। फल उत्पादन

के लिए जो पेड़ लगाये जाते हैं, उनकी जड़ें बहुत गहराई तक पहुँच जाती हैं और मिट्टी की सतह पर भी बहुत दूर तक फैलती रहती हैं। प्रश्न यह उठता है कि कौन-सी गहराई तक मिट्टी का नमूना लेकर विश्लेषण किया जाय। विभिन्न प्रकार की फसलों और पौधों के लिए विभिन्न मात्रा में पोषक द्रव्यों की आवश्यकता होती है, इसलिए हरएक फसल के लिए पृथक्-पृथक् विश्लेषण-क्रिया होनी चाहिए। इन सब प्रश्नों पर वैज्ञानिकों ने आधुनिक समय में विचार किया है और नीचे दिये गये सिद्धान्त मिट्टी में पौधों के द्वारा शोषित पोषक द्रव्यों को जानने के लिए उपयुक्त सिद्ध हुए हैं।

(१) मिट्टी का नमूना विश्लेषण-क्रिया के लिए २४" इंच की गहराई तक लिया जाता है। हर एक १२" इंच की गहराई पर २ नमूने निकाले जा सकते हैं।

(२) पौधों के पोषक द्रव्यों के लिए मिट्टी की विश्लेषण-क्रिया केवल नाइट्रोजन फौसफेट और पोटाशियम तथा कहीं-कहीं कैलसियम और pH तक सीमित रहती है।

किन्तु पूर्ण विश्लेषण-क्रिया के लिए अन्य तत्त्वों के विश्लेषण की आवश्यकता भी होती है। नीचे की सारणी ५८ में कुछ मिट्टियों में विश्लेषण-क्रिया द्वारा प्राप्त पोषक द्रव्यों की मात्रा दी गयी है।

सारणी संख्या ५८*

मिट्टी में विश्लेषण द्वारा प्राप्त पोषक द्रव्यों की मात्रा

प्रतिशत में	बम्बई की काली मिट्टी	बम्बई की लाल मिट्टी (Laterites)	मद्रास (तंजोर) की कछार मिट्टी (Alluvial)
१. नाइट्रोजन	०.०५–०.०६	०.१५–०.२०	०.८६
२. पूर्ण फौसफेट	—	—	०.०३२
३. प्राप्य फौसफेट	०.०१५–०.०२५	न्यून	०.००९७
४. पूर्ण पोटास	—	—	—
५. प्राप्य पोटास	०.०२०–०.०२५	न्यून	०.०२४
६. भस्म विनिमय शक्ति (मिली इक्विवेलेन्ट)	५०–७०	१५–२०	३३.५
७. भस्म संतृप्ति	१००	७०–८०	—
८. pH	८.०–८.५	५–६	
९. C/N अनुपात	१५–२६	१०–१५	३–५

*(डा० एस. पी. राय चौधुरी, पी० एच० डी०, डी० एस० सी०, प्रधान Soil Survey officer, Government of India, के सौजन्य से प्राप्त)।

इनमें जो भी पोषक द्रव्य प्राप्त हैं वे पौधों के लिए प्रचुर मात्रा में हैं। पौधे इनसे कहीं कम मात्रा में द्रव्यों को शोषित करते हैं। सारिणी ५८ में जो भी तत्त्व प्राप्त हैं, वे हाइड्रोक्लोरिक ऐसिड की प्रतिक्रिया द्वारा निकाले गये हैं। इस प्रकार के पौधों के लिए जो भी पोषक द्रव्य निकाले जाते हैं उनको "संचित खाद्य पदार्थ" (Reserve plant food) कहते हैं। पौधे इसके अत्यन्त न्यून भाग का उपयोग करते हैं। अभाग्यवश यह पता नहीं चलता कि इसमें से कितना पौधे ले सकते हैं और इस कारण से विश्लेषण द्वारा ज्ञात आँकड़ों पर मिट्टी में खाद्य का प्रयोग नहीं किया जा सकता। हो सकता है कि पूर्ण विश्लेषण द्वारा पाये गये आँकड़ों का सम्बन्ध पौधों के लिए प्राप्त तत्त्वों सें हो। साधारणतः यह समझा जाता है कि पूर्ण विश्लेषण द्वारा जो भी तत्त्व अधिक होंगे, उनको मिट्टी में डालने की आवश्यकता नहीं है। पूर्ण विश्लेषण द्वारा हम हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की क्रिया से, फौसफोरस, पोटैशियम, कैलसियम, मैगनीशियम, एल्यूमिनियम और सिलिका तथा लौह की मात्रा का ज्ञान प्राप्त करते हैं। इस विश्लेषण के साथ जल तथा कार्बनिक द्रव्य और अम्लता का भी विश्लेषण किया जाता है। नाइट्रोजन को छोड़कर सभी अकार्बनिक तत्वों को ऑक्साइड में प्रदर्शित किया जाता है। जो हाइड्रोक्लोरिक ऐसिड क्रिया द्वारा विलियनशील नहीं हो पाते, उनको अविलियनशील पदार्थ के नाम से बोधित करते हैं। इसमें क्वार्टज (Quartz) सिलिसिक अम्ल तथा अऋतुक्षरित सिलिकेट का समावेश है। नाइट्रोजन की जाँच सलफ्यूरिक अम्ल की क्रिया द्वारा होती है।

ऊपर के कथन से यह सिद्ध होता है कि मिट्टी के पूर्ण तत्त्वों की विश्लेषण-क्रिया द्वारा, मिट्टी में स्थित पौधों के लिए प्राप्य अवयवों तथा तत्वों का ज्ञान प्राप्त नहीं हो सकता।

यहाँ हमें कुछ शब्दों में प्राप्यता की व्याख्या आवश्यक जान पड़ती है।

यदि हम मिट्टी में होनेवाली रासायनिक और भौतिक क्रियाओं की ओर ध्यान दें तो पता चलेगा कि भूमि के ऊपरी भाग में अनेकानेक जटिल विश्लेषण और संश्लेषण क्रियाएँ होती रहती हैं। एक वैज्ञानिक के लिए इन जटिल क्रियाओं की शृंखला में यह पता चला लेना कि अमुक तत्त्व अथवा अमुक द्रव्य फसल द्वारा प्रति एकड़ भूमि से कितनी मात्रा में प्राप्त हुआ है, असंभव नहीं, तो कठिन अवश्य है। जटिल से जटिल रासायनिक और भौतिक क्रियाएँ जो जीव-विज्ञान के साथ सहयोग करती हुई फसल उत्पादन में सहायता पहुँचा सकती हैं, भूमि के ऊपरी और भीतरी स्तर में वर्त्तमान हैं। कोई एक तत्त्व पौधों के लिए पर्याप्त नहीं है। एक रोगी किसी रोग से

ग्रस्त होकर वैद्य के नजदीक जाता है। निदान के बाद उसे रोगमुक्त करने के लिए वैद्य दवा देता है। रोग के बाहरी लक्षण तो हट जाते हैं और वैद्य आत्म-प्रशंसा में हर्षित हो उठता है। किन्तु निकट भविष्य में उसका "हर्ष" "विषाद" में परिणत हो जाता है। प्रथम रोग से रोगी को उन्मुक्त करने की चेष्टा में कुछ ऐसी घटना घटी कि एक नवीन रोग द्वारा वही रोगी ग्रसित हो गया। वैद्य अथवा प्रकृति, जो भी हो, उसकी क्रिया द्वारा नये रोग की उत्पत्ति हो गयी। वैद्य की तुलना हम एक मिट्टी-रासायनिक से कर सकते हैं जो निरन्तर तपस्या में रत है जिसके फलस्वरूप अच्छी फसल की उत्पत्ति हो और फसल रोगमुक्त हो। क्या यह सच है कि प्रकृति "उत्क्रम" (Entropy) की शरण लेती है। क्या ऐसी बात नहीं है कि प्रकृति की क्रियाओं में विभिन्नता का होना वैज्ञानिकों के लिए मिट्टी की उस विश्लेषण-क्रिया का पता लगाने में बाधक है जिसके द्वारा फसल के प्राप्य द्रव्य की मात्रा फसल की उपज होने के पूर्व मालूम हो जाय और उसकी उपज का अनुमान पहले ही लगा लिया जाय। इस प्रश्न का संतोषजनक उत्तर हमारे पास आज नहीं है। मान लीजिए, थोड़े देर के लिए, कि प्रकृति में विभिन्नता है, फिर भी यह मानना पड़ेगा कि विभिन्नता के मध्य में भी समांगता (Homogeneity) है। हमारे तर्क में यह बड़ा ही पक्षपात सिद्ध होगा, यदि हम यह कहें कि विधाता के निर्माण में कोई नियम है ही नहीं। विधाता से मेरा तात्पर्य यह नहीं है कि कोई प्राणी आकाश अथवा पाताल में स्थित है। प्रकृति के निर्माण के मूल विधाता के रूप में वह "ऊर्जा" (Energy) है जिसे हम अणु-परमाणु में पा चुके हैं और जो निर्माता और विच्छिन्नकर्त्ता के रूप में हमारी दृष्टि के सामने नाच दिखला रहा है। वहाँ हमें यह पता चला है कि निर्माण अर्थात् संश्लेषण (synthesis) और विछिन्नता अथवा विश्लेषण (Analysis) दोनों ही में ऊर्जा की उत्पत्ति होती है। फिर भी उस विधाता के विधान में क्या नियम नहीं है? है अवश्य! किन्तु हमारी बुद्धि सीमित है और इसलिए क्रियाओं को हम अनियमित प्रमाणित करते हैं।

यह पहले ही कह चुके हैं कि कोई एक तत्त्व पौधों के लिए यथेष्ट नहीं है। हमें उन सभी तत्त्वों की एक साथ खोज करनी है जो सम्मिलित रूप में पौधों के भरण-पोषण के लिए मिट्टी से प्राप्त हो सकते हैं। इसलिए हमें तत्त्व-प्राप्यता की परिभाषा खोज निकालनी है।

प्राप्यता की परिभाषा है, "उन सभी पोषक तत्त्वों का योग, जो मिट्टी से पौधों द्वारा उस अवस्था में ग्राह्य है जो उनकी ग्राह्यता को सीमित करता है।" यह एक आवैगिक (Dynamic) परिभाषा है और इसमें कारकों तथा प्रतिकारकों को,

जो प्राप्यता को सीमित करते हैं, मद्देनजर रखना है। प्राप्यता का सिर्फ मिट्टी से ही सम्बन्ध नहीं है। पौधे जिस वातावरण में पनपते हैं और वृद्धि को प्राप्त होते हैं, उन सभी का हमें विचार करना है। वे सिर्फ मिट्टी ही द्वारा नहीं पनपाये जाते वरन जलवायु और सूर्य की रोशनी का भी स्थान है और शायद बहुत बड़ा स्थान है, क्योंकि पौधों को अपने तीन चौथाई वजन के लिए सूर्य्य नमस्कार करना पड़ता है, जिसकी ऊर्जा पर वे निर्भर होते हैं। इसलिए हमें यह कहना पड़ता है कि पौधों की वृद्धि के लिए तीन कारकों (factors) का संतुलन आवश्यक है और मिट्टी से पोषक द्रव्यों की प्राप्यता इस संतुलन (Equilibrium) पर निर्भर है। हमें यह भी ज्ञात है कि जीव-अवयवों के संचालन में सीमित कारक (factors of limitations) हैं और जीव इन्हीं कारकों के वातावरण में वृद्धि की ओर अग्रसर होता है। रसायन शास्त्र के अनुसार यह स्थापित है कि जीवित वस्तुओं की रासायनिक क्रिया क्रमानुसार एक के बाद दूसरी, जारी है। सभी आपस में सम्बन्धित हैं और प्रतिवर्त्य प्रतिक्रिया (Reversible reaction) हैं। आन्तरिक प्रतिक्रियाओं का बाह्य प्रतिक्रियाओं के साथ समंजन (Adjustment) होना ही जीवन का ध्येय है। ऐसा समंजन प्रावेगिक (Dynamic) है और जीवों की उस अवस्था का द्योतक है जो उस समय के सीमित कारकों के साथ सम्बन्धित है, क्योंकि संतुलन समय के साथ बदलता रहता है और साथ-साथ कारक भी बदलते रहते हैं।

इनके तत्त्वों की प्राप्यता को जानने के लिए जो भिन्न-भिन्न क्रियाएँ व्यवहृत की गयी हैं, उनका उल्लेख किया जा रहा है। इन क्रियाओं की व्याख्या चार प्रकार से की गयी है—(१) रासायनिक (Chemical) (२) जीव-रासायनिक (Biochemical) (३) जैविक (Biological) (४) क्षैत्रिक (Agronomical)।

१—पौधों की जड़ों द्वारा जो भी तत्त्व मिट्टी से लिये जाते हैं वे तनु (Dilute) अम्ल द्वारा विलयनशील होते हैं। ऐसा अनुमान वैज्ञानिकों का आदिकाल से चला आ रहा था। डायर (Dyer) ने, जो इस मत का अनुयायी था, १८९४ ई० में प्राप्य तत्त्वों की विश्लेषण-क्रिया की स्थापना इस सिद्धान्त पर की। उन्होंने एक प्रतिशत साइट्रिक अम्ल (citric-acid) के विलयन को मिट्टी में डालकर आठ घंटे तक हल्लित्र (shaking apparatus) में मिलाया। उनका कहना था कि इस प्रकार एक प्रतिशत साइट्रिक अम्ल मिट्टी में स्थित पौधों के लिए प्राप्य द्रव्यों का निस्सारण (extract) कर देगा। इस निस्सारण द्वारा उन्होंने फौस्फेट और पोटाशियम का विश्लेषण किया और इस क्रिया द्वारा पाये गये फौसफेट और पोटाशियम को खेतों

पर फसलों के उपज से सह-सम्बन्धित (Corelate) किया। उनके मत के अनुसार इंग्लैंड की मिट्टियों में यह सह-सम्बन्ध अधिक पाया गया। अर्थात् यह सिद्ध हुआ कि इस विश्लेषण-क्रिया द्वारा फौसफेट और पोटाशियम, जिस मिट्टी में प्रतिशत अधिक है; उस पर फसल की उपज भी अधिक होगी।

यहाँ पर यह बतलाना आवश्यक जान पड़ता है कि फौस्फेट और पोटाशियम किस रूप में, मिट्टी में, पौधों के लिए प्राप्त होते हैं। अधिकतर फौस्फेट मिट्टी में पाँच प्रकार के अविलयनशील ऐपेटाइट (Apatite) नामक खनिज के रूप में पाये जाते हैं। इनके रासायनिक सूत्र नीचे दिये जाते हैं —

(१) क्लोरो एपेटाइट (Chloro apatite)—$Ca_3(Po_4)_2CaCl_2$

(२) फ्लोरो एपेटाइट (Flouro apatite)—$Ca_3(PO_4)_2CaF_2$

(३) हाइड्रौक्सी एपेटाइट (Hydroxy apatite)—$Ca_3(PO_4)_2Ca(OH)_2$

(४) कार्बोनेटो एपेटाइट (Carbonato apakite)—$Ca_3(PO_4)_2CaCO_3$

(५) औक्सी-एपेटाइट (Oxy apatite)—$Ca_3(PO_4)_2CaO$

इनमें कार्बनेटो ऐपेटाइट तथा आक्सी एपेटाइट सबसे अधिक अविलयनशील हैं। कार्बन-डाई-औक्साइड, कार्बोनिक अम्ल, ह्यूमिक अम्ल तथा सल्फ्यूरिक अम्ल द्वारा इन खनिजों पर क्रिया होने से फौस्फेट आयन की उत्पत्ति होती है। ये फौस्फेट आयन तीन प्रकार के होते हैं—

(१) $PO_4^{\equiv}$ (२) $HPO_4^{=}$ (३) $H_2PO_4^{-}$

ये भिन्न-भिन्न pH पर पौधों के लिए प्राप्य होते हैं। फौस्फेट की प्राप्यता P_2O_5 फौसफोरस पेन्टोक्साइड के रूप में प्रकट की जाती है। अधिकतर यह भारत-वर्ष की मिट्टियों में ०.५ से लेकर ०.१५ प्रतिशत पाया जाता है। कहीं-कहीं इससे कम अथवा अधिक भी पाया गया है। इंग्लैंड और अमेरिका की मिट्टियों में ०.२ प्रतिशत भी पाया गया है। अफ्रिका और आस्ट्रेलिया की मिट्टियों में ०.१ प्रतिशत तक पाया गया है। डायर की क्रिया के अनुसार जो फौसफोरस पेन्टोक्साइड मिट्टी द्वारा प्राप्त होता है, वह इस पूर्ण फौसफोरस से कम होता है। वह अधिक से अधिक ३० मिलीग्राम प्रतिशत तक हो सकता है और कम से कम २ मिलीग्राम प्रतिशत तक भी हो सकता है।

भिन्न-भिन्न खेतों पर मिट्टियों को जाँच करके तथा उनके ऊपर फसल का वजन लेकर डायर ने यह बतलाने की चेष्टा की कि अमुक प्रतिशत फौसफेट पर कैसी फसल उपज सकती है। नीचे इस संख्या को दिखलाया जाता है। और

उसके साथ-साथ यह भी बतलाया जाता है कि उस संख्या का फसल के साथ क्या सम्बन्ध है।

उपज की मात्रा	डायर के विश्लेषण द्वारा प्राप्त फॉसफेट (P_2O_5) प्रतिशत
१. अत्यन्त कम उपज	मिलीग्राम ०–७
२. कम उपज	,, ,, ८–११
३. थोड़ी कम उपज	,, ,, १२–१५
४. थोड़ी अधिक उपज	,, ,, १६–२०
५. अधिक उपज	,, ,, २०–३०
६. अत्यन्त अधिक उपज	,, ,, ३०

ये आँकड़े उन मिट्टियों में जहाँ कार्बनिक खाद अधिक हैं, और जहाँ वर्षा अधिक है, अधिक हो जायेंगे। पोटाशियम मिट्टी में तीन अवस्थाओं में पाये जाते हैं। (१) विनिमय योग्य (२) खनिज और (३) विलयनशील। इनमें खनिज पोटाशियम अप्राप्य हैं।

खेद के साथ कहना पड़ता है कि डायर की यह क्रिया अन्य देशों में मिट्टी की जाँच और उस पर फसल उत्पादन करने के बाद, पूर्णतः प्रमाणित नहीं हो सकी। अमेरिका में साइट्रिक अम्ल की अपेक्षा अन्य खनिज अम्ल, जैसे हाइड्रो क्लोरिक और सलफ्यूरिक अम्ल प्रयोग में लाया जाता है। विभिन्न स्थानों की मिट्टियों पर विभिन्न अम्ल सफलीभूत हो सके हैं। कहीं-कहीं कार्बोनिक अम्ल भी व्यवहार किया जाता है। भारतवर्ष में कई स्थानों पर कार्बोनिक अम्ल द्वारा मिट्टी के निस्सारण करने पर जो फौसफेट प्राप्त हुआ, उसका फसल उत्पादन से उच्च सह-सम्बन्ध स्थापित किया गया है। विभिन्न देशों में अमोनियम मौलिब्डेट तथा सल्फ्यूरिक अम्ल का मिश्रण व्यवहार में लाया गया। अमेरिका में मौरगेन (Morgan) ने सोडियम ऐसिटेट और ऐसिटिक अम्ल द्वारा मिट्टी का निस्सारण करके विभिन्न प्रकार के तत्त्वों की जाँच की है और जाँच से जो आँकड़े प्राप्त हुए हैं, उनका फसल-उत्पादन के साथ उच्च सह-सम्बन्ध स्थापित किया है।

रासायनिक अम्ल अथवा रासायनिक पदार्थों द्वारा निस्सारण क्रिया का विवरण आगे सारणी सं० ५९ में दिया जा रहा है। सारणी में भिन्न-भिन्न वैज्ञानिकों का भी नाम दिया गया है, जिन्होंने विभिन्न क्रियाओं का आविष्कार किया है। यहाँ पर यह उल्लेख करना आवश्यक है कि रासायनिक द्रव्यों द्वारा निस्सारण (Extrac-

tion) क्रिया से जो विश्लेषण होता है, वह केवल फौस्फेट, पोटैसियम, कैलसियम, मैगनीसियम, एल्यूमिनियम, इत्यादि है। पूर्ण कार्बनिक नाइट्रोजन का विश्लेषण इस क्रिया द्वारा नहीं होता।

उक्त सारणी से यह ज्ञात होता है कि विभिन्न प्रकार की मिट्टियों में पृथक्-पृथक् निस्सारण क्रिया के हेतु विभिन्न प्रकार के रासायनिक द्रव्य व्यवहार में लाये गये हैं। तात्पर्य यह है कि अभी तक कोई एक प्रकार की रासायनिक क्रिया मिट्टी में स्थित फसल के लिए, प्राप्य द्रव्यों की मात्रा को निर्धारित करने में सफल नहीं हो सकी है। वही क्रिया सफल हो सकती है, जिसके द्वारा निर्धारित पौधों के लिए प्राप्य द्रव्य फसल के साथ उच्च कोटि का सह-सम्बन्ध (High coefficient of co-relation) स्थापित कर सके। भिन्न रासायनिक क्रियाएँ भिन्न स्थानों पर यह सहसम्बन्ध सफलतापूर्वक स्थापित कर सकी हैं, किन्तु इस भिन्नता के कारण हमें यह ज्ञान नहीं प्राप्त होता कि कौन-सी क्रिया अमुक मिट्टी के लिए सफल सिद्ध हो सकती है। हम अन्धकार में टटोल कर किसी वस्तु की स्थिति का पता चलाते हैं। इसमें समय भी अधिक लगता है और सफलता मिलने में भी सन्देह रहता है। यहाँ पर हमारे रासायनिकों की त्रुटि प्रगट होती है। हम कह सकते हैं कि सैकड़ों वर्ष के अनवरत परिश्रम के बाद भी कृषि रासायनिक अभी तक इस पहेली को हल नहीं कर सके हैं।

फ्रैप ने "प्राप्यता" को चार भागों में बाँटा है—(१) रासायनिक "प्राप्यता" (२) भौतिक "प्राप्यता", (३) ऋतुक्षरण "प्राप्यता" और (४) दैहिक "प्राप्यता"। [(1) Chemical availability (2) Physical availability (3) Weathering availability, and (4) Physiological availability.]

इनके मतानुसार वे पोषक द्रव्य जो पौधों के जीवन के प्रारम्भ में ग्रहण किये जाते हैं, रासायनिक "प्राप्यता" कहे जा सकते हैं। कुछ प्राप्य द्रव्य मिट्टी द्वारा अप्राप्य किये जा सकते हैं जिन्हें वे भौतिक अप्राप्यता के नाम से सम्वोधित करते हैं। पोषक द्रव्य की जो मात्रा ऋतुक्षरण के द्वारा प्राप्य की जाती है, उसे फ्रैप ऋतुक्षरण प्राप्यता कहते हैं। इससे उनका सम्बन्ध नाइट्रोजन नामक पोषक तत्त्व से है। पौधों के पोषक द्रव्यों की शोषण शक्ति में और उनके आवश्यक पोषक द्रव्य में विभिन्नता है। इसको फ्रप दैहिक प्राप्यता कहते हैं। स्पेन्सर और स्टूआर्ट ने "प्राप्यता" को पौधों की जड़ों और जड़ों की गहराई से सम्बन्धित किया है। उनके मतानुसार प्राप्यता वहीं तक सीमित रखनी चाहिए जहाँ तक उन पौधों की जड़ें

सारणी संख्या ५६

मिट्टी के निस्सारण द्वारा पौधों के लिए प्राप्य तत्वों की विश्लेषण-क्रिया का उल्लेख

संख्या	आविष्कार कर्त्ता का नाम	वर्ग और स्थान जहाँ अन्वेषण हुआ	रासायनिक द्रव्य, जिसके द्वारा निस्सारण हुआ	अन्य ज्ञातव्य बातें तथा रंग लाने की क्रिया
१	डौबनी (Daubny)	१८४५ इंग्लैंड	कार्बोनिक अम्ल।	
२	वौनलेबिग (Vonliebig)	१८७२ जर्मनी	हाइड्रोक्लोरिक अम्ल अथवा ऐसेटिक अम्ल।	
३	लाचारटियर (Lachartiar)	१८८४ फ्रांस	दो प्रतिशत अमोनिया औग्जालेट।	
४	डायर (Dyer)	१८९४ इंग्लैंड	एक प्रतिशत साइट्रिक अम्ल।	
५	ऐ० ओ० ऐ० सी० (A.O.A.C.)	१९०७ अमेरिका	०.२ नारमल हाइड्रोक्लोरिक अम्ल।	
६	दास (Das)	१९२६ भारतवर्ष	भास्मिक कार्बनेट विलयन	कैल्केरियम मिट्टी के लिए उपयोगी।

७	ट्रूयग और मेयर (Truog and Mayer)।	१९२९ अमेरिका	०.००२ नारमल सलफ्यूरिक अम्ल एमोनियम सल्फेट के साथ pH_3 पर।	रंग लाने के लिए अमोनियम मौलिब्डेट सलफ्यूरिक अम्ल और टिन क्लोराइड।
८	आरहेनियस (Arhenius)	१९२९ जावा	१%नमक, सलफ्यूरिक अम्ल के साथ ०.००२ नारमल।	
९	थौरंनटन (Thorton)	१९३१ इन्डीयाना	०.१ नारमल हाइड्रोक्लोरिक अम्ल।	
१०	मौर्गन (Morgan)	१९३७ अमेरिका	सोडियम एसीटेट+ऐसिटेटिक अम्ल ५ नारमल pH=४.८।	सभी तत्वों के लिए एक ही निस्सारण द्रव्य।
११	स्पूरवे (Spurvey)	मिशिगन Michigan U.S.A.	ऐसिटिक अम्ल pH=३.२	
१२	ब्रे (Bray)	इलीन्वा Illinois. U.SA.	०.१ नारमल हाइड्रोक्लोरिक अम्ल।	
१३	फ्रैप (Frap)	टेक्सास Texas U.S.A.	०.२ नारमल नाइट्रिक अम्ल।	
१४	हेस्टर (Hester)	अमेरिका Verginia U.S.A	सोडियम ऐसिटेट+ऐसेटिक अम्ल pH=५	

१५	हार्पर (Harper)	ओफलहामा U.S.A.	०.२ नारमल सलफ्यूरिक अम्ल।	
१६	हान्स (Hance)	१९३७ हवाई Hawai, U.S.A.	०.५ नारमल हाइड्रोक्लोरिक अम्ल।	
१७	डर्क और शेफर (Dirck and schefer)	जर्मनी	१ग्राम कैलसियम कार्बनेट २५० सी०सी०जल में और कार्बनडाइ औक्साइड गैस द्वारा सन्तृप्त।	
१८	बान रैन्गेल (Von-wrangele)	जर्मनी	जल	
१९	लिमरमान (Limmerman)	१९२३, १९३६ जर्मनी	१०% हाइड्रोक्लोरिक अम्ल +१%साइट्रिक अम्ल।	
२०	लोहसे और रूनका Lohse and Runhka	इंग्लैंड	१ पोटाशियम वाई सल्फेट।	
२१	डालबुर्ग और ब्राउन (Dalburg and Brown)	अमेरिका U.S.A.	०.२५ M सोडियम ऐसिटेट +०.२ N ऐसेटिक अम्ल।	
२२	होकेन स्मिथ (Hocken smith)	इन्डीयाना, अमेरिका U.S.A.	१% पोटाशियम कार्बोनेट	

मिट्टी में जा सकें। इसलिए वे दो प्रकार की प्राप्यता मानते हैं। एक रासायनिक और दूसरी स्थानीय (positional)।

इस क्रिया द्वारा 'प्राप्यता' की मात्रा ज्ञात नहीं हो सकती, क्योंकि इन वैज्ञानिकों ने प्राप्यता के मुख्य आधार को, जो पौधों से सम्बन्ध रखता है, बिलकुल दरकिनार रखा।

इस विषय पर मनन करते समय हमें यह जानना आवश्यक है कि मिट्टी और पौधों में क्या सम्बन्ध है। यह सम्बन्ध एक 'प्रावैगिक संतुलन' (Dynamic equillibrium) स्थापित करता है। मिट्टी यदि पौधों को कुछ देती है तब उनसे उसके बदले में कुछ पा लेती है। इस प्रकार के उदाहरण बहुत हैं। विलफार्थ (Wilfarth) ने अपने अनुसंधान द्वारा यह पता चलाया कि फसल जब आखिरी अवस्था में परिपक्व होने लगती हैं तब मिट्टी को नाइट्रोजन, फौसफोरस, और पोटाशियम तीनों ही महत्त्वपूर्ण तत्त्व वापस देती हैं। सकेरा (Sekera) ने अपने अनुसंधान द्वारा यह बतलाया कि पौधे पोटाशियम और नाइट्रोजन मिट्टी को वापस करते हैं। नौलेस (Knowles) ने इस विषय पर अनुसंधान करके बतलाया कि मिट्टी को पौधों द्वारा नाइट्रोजन वापस नहीं होता, किन्तु पोटाशियम, कैलसियम और क्लोरीन वापस होता है। वाटकिंग्स (Watkings) ने चुकन्दर पर अनुसंधान करके बतलाया कि यह पौधा केवल फौस्फेट और क्लोरिन मिट्टी को प्रदान करता है और पोटाशियम और कैलसियम वापस नहीं करता। इन सब प्रमाणों के रहते हुए, हमें यह बात स्वीकार करनी पड़ती है कि यद्यपि अत्यन्त अधिकमात्रा में पौधे मिट्टी से पोषक-तत्त्वों को लेते हैं, फिर भी अपने जीवन-काल की किसी अवस्था में वे ये तत्त्व न्यून मात्रा में मिट्टी को वापस भी करते हैं। इस आदान-प्रदान की क्रिया में हमें कुछ ऐसे भी पौधे मिलेंगे, जो मिट्टी के प्रति कृतज्ञ नहीं हैं और पोषक द्रव्यों को ले लेने के बाद मिट्टी में कुछ ऐसे द्रव्यों को स्रावित करते हैं जो पौधों के लिए हानिकारक प्रमाणित हुए हैं।

डौबनी (Duabony) ने इस विषय पर अपना मत प्रगट किया है। उनका कहना है कि मिट्टी में सभी तत्त्व सभी मात्रा में प्राप्य नहीं होते। उन्होंने प्राप्य द्रव्यों का नाम Active Plant neutrients रखा है। और इसके निष्कासन के लिए कार्बोनिक अम्ल का प्रयोग बतलाया है। क्रियाओं के करने की कठिनाई की वजह से यह क्रिया काम में नहीं लायी गयी। इन सभी रासायनिक क्रियाओं के करने में एक कठिनाई उपस्थित होती है। समय अधिक लगता है

और फसल के साथ सह-सम्बन्ध स्थापित करने की संभावना सन्देह-जनक रहती है। सबसे अधिक कठिनाई फौस्फेट के साथ है। यह तत्त्व मिट्टी में विलयनशील अवस्था से शोषित होकर अविलयनशील हो जाता है। इस तत्त्व की प्राप्यता पर अधिक काम हुआ है। फौसफेट आयन को मिट्टी से निकालने के लिए डाइलाइजर (Dialiser) जो एक प्रकार की झिल्ली है और जिसमें बारीक छेद होते हैं, काम में लाया गया है। इस प्रकार से जो फौसफेट आयन प्राप्त होते हैं, उनको प्राप्य पोषक द्रव्य की श्रेणी में रखा गया है। बहुत-सी संतुलन क्रियाएँ भी काम में लायी गयीं। डायर की साइट्रिक ऐसिड क्रिया भी इसीमें शामिल है। लीमरमान (Lemmermann) ने इस क्रिया पर बहुत काम किया। उनका सिद्धान्त है कि मिट्टी में जो जल है वह कार्बन-डाई-औक्साइड नामक गैस से संतृप्त है। और इस प्रकार का जल फौस्फेट को मिट्टी में विलयन करके पौधों के लिए प्राप्य करता है। यही कारण है कि इन्होंने तथा अन्य वैज्ञानिकों ने कार्बन-डाई-ऑक्साइड संतृप्त जल मिट्टी में प्राप्य फौस्फेट की मात्रा को जानने के लिए निस्सारण (Extraction) के लिए व्यवहार किया। किसी-किसी वैज्ञानिक ने हाइड्रोक्लोरिक अम्ल भी व्यवहार किया है। निस्सारण के लिए अम्ल के व्यवहार करने में एक कठिनाई उपस्थित होती है, कारण यह है कि फौस्फेट का विलयन होकर मिट्टी द्वारा शोषण हो जाता है। सभी संतुलन क्रियाओं में समय अधिक लगता है। रासायनिक संतुलन क्रियाओं द्वारा तथा डायालेसिस (Dialysis) द्वारा जो फौस्फेट प्राप्त हुआ, उसका, फसल के साथ सह-सम्बन्ध पूर्णतया स्थापित नहीं हो सका। हिबार्ड (Hibbeard) ने अम्ल द्वारा फौस्फेट निस्सारण की एक नयी क्रिया निकाली है। उन्होंने मिट्टी को नली में डालकर ऊपर से अम्ल को छोड़ा और धीरे-धीरे इस अम्ल को मिट्टी में सरकने दिया। अन्त में नली के नीचे छोर से अम्ल फौस्फेट को विलयन करके निकल आया। इस विलयन में जो फौस्फेट है, उसे उन्होंने प्राप्य फौस्फेट माना। इस क्रिया द्वारा भी फसलों के साथ सह-सम्बन्ध स्थापित नहीं हो सका। वौनरेन्गील (Von-warangel) ने साधारण जल द्वारा ही मिट्टी का निस्सारण करके, जो फौस्फेट प्राप्त हुआ, उसे "प्राप्य फौस्फेट" का स्थान दिया। उन्होंने मिट्टी को दो बार कुछ समय के अन्तर पर जल द्वारा निस्सारण किया। प्रथम बार जो फौस्फेट मिला उसको वे 'क' कहते हैं और द्वितीय बार जो फौस्फेट मिला उसको वे 'ख' कहते हैं। इस आधार पर उन्होंने नीचे लिखी हुई प्राप्यता का समीकरण प्राप्त किया।

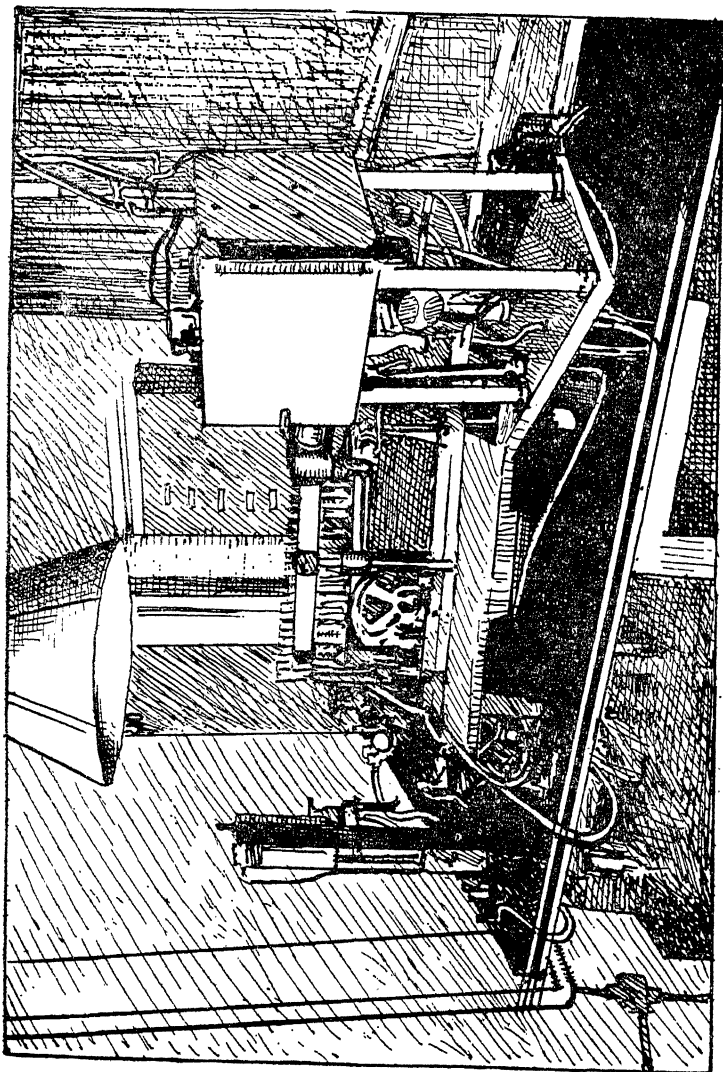
$$ग = \frac{क^2}{क - ख}$$

'ग' का अर्थ है फौस्फेट की प्राप्यता। यदि क—ख की मात्रा कम होगी तब प्राप्यता अधिक होगी।

जीवरासायनिक क्रियाएँ

अब तक तो हम रासायनिक क्रियाओं का वर्णन करते आये हैं, अब हम उन क्रियाओं का वर्णन करते हैं जो 'जीव रासायनिक' (Bio-chemical) के नाम से विख्यात है।

१—जीव रासायनिक क्रिया के प्रधान निर्माता हैं, नौबावर (Naubauer)। इनके मत के अनुसार मिट्टी पर पौधों की जाँच, प्राप्यता की मात्रा को जानने के लिए आवश्यक है। इन्होंने एक काँच के गोलाकार बर्त्तन में जिसकी लम्बाई, चौड़ाई और ऊँचाई निहित कर दी गयी, मिट्टी को दो मिलीमीटर चलनी द्वारा छानकर भर दिया। उसमें राई के पौधों के बीज, जिनकी संख्या निहित कर दी गयी है, बो दिये गये और पौधों को तीन सप्ताह बाद, जब वे अत्यन्त छोटे ही थे, जड़ के साथ निकाल लिया गया। और जल से धोकर साफ कर दिया गया। इन पौधों को सुखाकर नाइट्रोजन, फौस्फेट, और पोटाश की जाँच की गयी। इसके पूर्व मिट्टी का वजन भी ले लिया गया था। मिट्टी के ऊपर प्रतिशत भिन्न-भिन्न तत्त्वों की मात्रा, विश्लेषण द्वारा प्राप्त हो गयी और यह प्राप्य पोषक तत्त्व मान लिया गया। नौबावर की इस क्रिया का प्रचार बहुत जोरों में हुआ। जर्मनी ने इसको अधिक अपनाया। अनेक जगहों में इस क्रिया द्वारा पाये गये पोषक तत्त्वों का फसल-उत्पादन के साथ उच्च कोटि का सह-सम्बन्ध स्थापित किया गया। जीव-रासायनिक क्रिया का आधार पौधों के विश्लेषण पर है। नौबावर के अनुसंधान के बाद अनेक वैज्ञानिकों ने खेतों पर ही पौधों की जाँच शुरू कर दी। कहीं-कहीं खेत से पौधों के जड़-डंठल और पत्तों का नमूना लेकर रासायनिक जाँच की गयी। रासायनिक जाँच में नाइट्रोजन, फौस्फेट और पोटाश प्रधान तत्त्व हैं, जिनके ऊपर बहुत अनुसंधान हुआ। वैज्ञानिकों का कहना है कि एक ही अवस्था के परिपक्व पत्तों को लेकर जाँच करने से यह पता चल सकता है कि अमुक खेत से कितना नाइट्रोजन फौस्फेट और पोटाश फसल के लिए प्राप्य हो सका। अनेक पत्तों को अलग-अलग पेड़ों से लेकर जाँच की जाती है और तत्त्वों की मात्रा उनके शुष्क भार पर दिखलायी जाती है। इस काम के लिए, वर्णक्रमदर्शी (spectroscope) काम में लिया जाता है। इस यन्त्र द्वारा सैकड़ों

पत्तों का एक ही दिन में विश्लेषण किया जाता है। इस यन्त्र का चित्र नीचे दिया जाता है।

चित्र ७०—वर्णक्रम दर्शक यंत्र

लून्देगार्द नामक वैज्ञानिक ने इस क्रिया पर अत्यन्त महत्त्वपूर्ण काम किया है। पौलवैगनर गिलबर्ट (१९२७), लागाटू (१९३०), हर्सलर (१९३३), ऐन्जिल (१९३९) मिचेल (१९३६), टॉमस (१९३७—१९४१), मोजर (१९४०) बोसाम्प (१९४०), चैपमैन (१९४१), लिन्डनर (१९४२), उलरिच (१९४३) हैरिंगटन (१९४४), प्लाइस (१९४४), वेब (१९४६) और गुडाल* (१९४५) ने भिन्न-भिन्न देशों में अनेक प्रकार के पौधों पर रासायनिक विश्लेषण किया। वैगनर ने घास पर काम किया। गिलबर्ट ने पौधों के रस की जाँच करके यह बतलाया कि मिट्टी पर कितनी खाद देने की आवश्यकता है। फ्रांस मेंल गाटू ने अंगूर और आलू के पत्तों पर जाँच आरम्भ की। उनके अन्वेषण से जो आँकड़े मिले उनको हर्सलर ने ठीक साबित किया। मिचल ने खेतों पर खाद डालने के लिए पत्तों की जाँच की आवश्यकता बतलायी। उत्तरी अमेरिका में टामस ने इस विषय पर अत्यन्त महत्त्वपूर्ण कार्य किया। उन्होंने मिट्टियों पर खाद डालने से फसल का जो अधिक उत्पादन हुआ, उसे पत्तों की रासायनिक जाँच के साथ सह-सम्बन्धित किया। अमेरिका में चैपमैन ने रबर के पेड़ पर अनुसंधान करके यह बतलाया कि पत्तों में पोटाशियम, फौसफोरस और नाइट्रोजन की जाँच द्वारा हम उचित मात्रा में खाद डालने की व्यवस्था कर सकते हैं। ब्रोडे और लिन्डनर ने पत्तों में पोटाशियम और नाइट्रोजन की जाँच करके यह साबित किया कि पत्तों की जाँच द्वारा हम मिट्टी की उर्वरा शक्ति का पता चला सकते हैं। वेब ने मक्का के पेड़ के पत्तों की जाँच करके उसके लिए उचित खाद डालने की व्यवस्था की। गुडाल ने इंग्लैंड में सेव के पत्तों की जाँच करके यह बतलाया कि इस पेड़ के लिए कितनी खाद डालने की आवश्यकता है। भारतवर्ष में बी० एन० लाल (B.N. Lall) ने तथा इंग्लैंड में हिल (Hill) ने १९४० ई० में पौधों में भस्म का इन्जेक्शन देकर यह बतलाने की चेष्टा की कि कौन-से पौधों में कौन-कौन तत्त्वों की आवश्यकता होती है।

इन क्रियाओं द्वारा हमें बहुत कुछ जानकारी प्राप्त हुई है और विभिन्न स्थानों पर इन क्रियाओं के व्यवहार से मिट्टी में उचित मात्रा में खाद डालने की व्यवस्था की गयी है।

---

* Lundegardh, Paulwagnar Gilbert, Lagatu, Herschler, Engel, Mitchell, Thomas, Moser, Beauchamp, Champman, Lindner, Ulrich, Harrington, Plice, Webb, Goodall.

२—बहुत से जीवाणु तथा कवक (fungus) मिट्टी पर पनपते हैं और अपनी जीवन-क्रिया के लिए अनेक खाद्य द्रव्य, जिनमें नाइट्रोजन, फौस्फेट और पोटाश भी शामिल हैं, शोषित करते हैं। वैज्ञानिकों का मत है कि ये उसी प्रकार खाद्य पदार्थ लेते हैं, जैसे पौधे लिया करते हैं। इस सिद्धान्त पर जो विश्लेषण-क्रिया स्थापित की गयी है, वह इस प्रकार है। मिट्टी को काँच के बर्त्तन में ले लेते हैं और उस पर विभिन्न प्रकार के जीवाणुओं को पनपाते हैं। निर्दिष्ट समय के बाद जीवाणुओं की संख्या के माप द्वारा यह पता चलाते हैं कि कौन-सी मिट्टी में कितनी उर्वरा शक्ति है। इस क्रिया को प्रचलित करनेवाले वैज्ञानिकों का मत है कि जीवाणु पौधों के अनुकूल हैं और जिस प्रकार पौधे खाद्य पदार्थ मिट्टी से लिया करते हैं उसी प्रकार ये जीवाणु भी खाद्य पदार्थ लेते हैं। इन जीवाणुओं में दो बड़े महत्त्वपूर्ण हैं। एक का नाम है 'कनिंघामेला' (Conninghamella) और दूसरों का नाम है 'एज्टोबैक्टर' (Aztobactor)। दोनों ही जीवाणु फौस्फेट के लिए व्यवहृत किये जाते हैं। मिट्टी पर इनके उत्पादन से यह जाना जा सकता है कि उस मिट्टी में प्राप्य फौस्फेट कितनी मात्रा में है।

३—क्षैत्रिक (Agronomical) क्रिया द्वारा मिट्टी की उर्वरा शक्ति की जाँच गमलों में पौधों को उपजाकर अथवा खेतों पर छोटे-छोटे प्लॉट में फसल को उपजाकर की जाती है। इस क्रिया पर अन्वेषण करनेवाले वैज्ञानिकों का मत है कि मिट्टी की उर्वरा शक्ति हम तभी जान सकते हैं जब उस पर पौधों को उपजाकर फसल का वजन लिया जाय। यदि किसी खेत में फौसफेट की कमी है तब उपयुक्त मात्रा में, इस तत्त्व के लवण को खेतों में समयानुकूल प्रयोग करने से फसल के उत्पादन में वृद्धि होगी। उसी प्रकार नाइट्रोजन और पोटाशियम के लवण का प्रयोग करने से भी वृद्धि होगी। जैसा कि ऊपर कहा गया है किसी एक तत्त्व के प्रयोग से फसल-उत्पादन में वृद्धि नहीं हो सकती, यदि अन्य तत्त्व की कमी हो। इस कारण से ऊपर के तीनों तत्त्वों का व्यवहार अलग-अलग तथा सम्मिलित रूप में बड़-बड़े मिट्टी के गमलों में अथवा खेतों पर छोटे-छोटे प्लॉट में किया जाता है। जहाँ कहीं मिट्टी में अम्लता अधिक रहती है, चूने का व्यवहार करके अम्लता को कम कर दिया जाता है और उसके बाद इन तीनों तत्त्वों का व्यवहार किया जाता है। ये अन्वेषण क्षैत्रिक हैं और इनमें सांख्यिकी (statistics) की शरण ली जाती है। गमलों में पौधों का उत्पादन करके माइसरलीस (Mitscherlich) ने मिट्टी में जिन तत्त्वों की कमी है, उनकी मात्रा को फसल के उत्पादन की मात्रा से सम्बन्धित किया है

और अंकगणित द्वारा एक समीकरण स्थापित किया, जिससे यह जाना जा सकता है कि मिट्टी में प्रत्येक तत्त्व की कितनी कमी है और इनके प्रयोग से कितना उत्पादन हो सकता है।

$$\frac{dy}{dx} = (A - Y)C.$$

dy=फसल-उत्पादन में वृद्धि।

dx=खाद की मात्रा (नाइट्रोजन, पोटाशियम, फौस्फेट) में वृद्धि।

H=अधिक से अधिक फसल-उत्पादन की मात्रा।

$$\frac{dy}{dx} = (A - Y)C.$$

dy=फसल-उत्पादन में वृद्धि।

dx=खाद की मात्रा में वृद्धि (नाइट्रोजन, पोटाशियम, फौसफेट)।

A=अधिक से अधिक फसल-उत्पादन की मात्रा।

Y=सम्पूर्ण फसल का उत्पादन जब (x) सम्पूर्ण-खाद के बराबर।

C=नियतांक (constant)।

इस समीकरण को इन्टिग्रेट (Integrate) करने से फसल की मात्रा का ज्ञान खाद की मात्रा से हो सकता है!

$$Y = A(1 - e^{-cx})$$

इस समीकरण द्वारा जो लेखाचित्र (Graph) प्राप्त होता है, वह अवग्रहाकार (sigmoid) नहीं है, लेकिन हर एक जगह पर अवतल (concave) है। यह अवतल इस अक्ष (Axis) पर होता है जो पौधों के खाद्य पदार्थ को सूचित करता है। इस विषय का अधिक वर्णन इसी भाग के ग्यारहवें परिच्छेद में किया जायगा।

खेतों में प्लाँट को निर्धारित करके फसलों का उत्पादन किया जाता है और उसका सम्बन्ध, प्रयोग किये गये नाइट्रोजन, फौस्फेट और पोटाश के साथ दिखलाया जाता है। इस क्रिया का वर्णन द्वितीय भाग के अन्तिम परिच्छेद में किया गया है। यहाँ पर यही कह देना यथेष्ट है कि मिट्टी में खाद की कमी जानने के लिए यह क्रिया सर्वोत्तम है, क्योंकि इस क्रिया द्वारा हमें प्रत्यक्ष रूप से कमी का अनुभव हो जाता है।

दसवाँ परिच्छेद

मिट्टी का सर्वेक्षण (survey) तथा कृषि में इससे लाभ

१. भूगर्भ शास्त्र द्वारा मिट्टी का वर्गीकरण

यह पहले कहा जा चुका है कि चट्टानों के ऊपर ऋतुक्षरण क्रिया के होने से मिट्टी की उत्पत्ति होती है। ऋतुक्षरण क्रिया को संम्पन्न करने के लिए भिन्न-भिन्न शक्तियाँ भिन्न-भिन्न नियमों का पालन करती हैं। इनके द्वारा जिन मिट्टियों की उत्पत्ति होती है, उनमें कुछ तो उत्पत्ति-स्थान पर ही रह जाती हैं और कुछ वायु और जल द्वारा उत्पत्ति-स्थान से दूर चली जाती हैं। इस प्रकार मिट्टी को दो भागों में विभक्त करते हैं। इस विभाजन को भूतात्त्विक वर्गीकरण (Geological classification) के नाम से व्यवहार करते हैं। ये विभाजन निम्नलिखित हैं—

१—स्थानीय मिट्टी (Soil insitu)

२—प्रस्थानीय मिट्टी (Transportated soil)

(१) स्थानीय मिट्टी सर्वदा अपने उत्त्पत्ति-स्थान में पायी जाती है। इस कारण से उसमें जो भी गुण वर्त्तमान रहते हैं वे नीचे के स्तर के उत्पादक चट्टान के साथ मिलते हैं। इस प्रकार की मिट्टी की उर्वरा-शक्ति कम है। इसकी गहराई भी कम है और इसके दाने बड़े-बड़े होते हैं।

स्थानीय मिट्टी के दो भाग हैं—

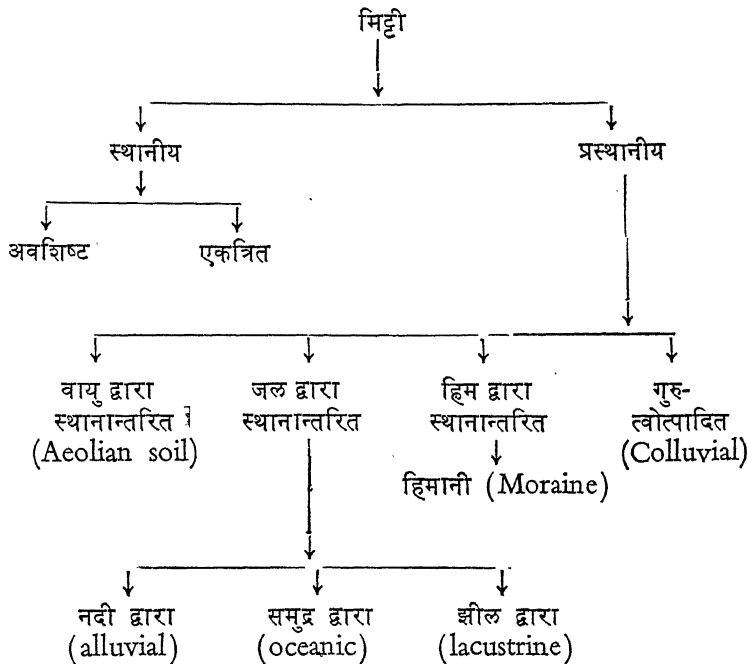
१—अवशिष्ट मिट्टी (Residual Soil)

२—एकत्रित मिट्टी (Cumulated soil)

(२) प्रस्थानीय मिट्टी चार भागों में बाँटी गयी है। जिन-जिन क्रियाओं द्वारा यह अपने जगह से अलग हुई है उन क्रियाओं के ऊपर विभाजन में यह स्थित है।

प्रस्थानीय मिट्टी के कण बहुत बारीक होते हैं और इनकी गहराई अधिक होती है तथा ये उपजाऊ होते हैं। इनकी उत्पादन शक्तियाँ जल, वायु और पृथ्वी की गुरुत्वाकर्षण-शक्ति होती हैं। जिनकी रचना वायु से हुई है उन्हें "Aeoline soil"

कहते हैं। इसके उदाहरण हैं, रेत टीला, (sand dunes) लोएस (Loess और ज्वालामुखी द्वारा उत्पन्न मिट्टी (Volcanic dust)। जल द्वारा उत्पादित मिट्टी, नदी, समुद्र और झील द्वारा बनती है। इनको अल्यूवियल (Alluvial) समुद्री (मेरीन, Marine) तथा लैकसट्रीन (Lacustrine) कहते हैं। ग्लेशियर के प्रभाव से जो मिट्टी बनती है उसे ग्लेशियल मिट्टी (glacial soil) कहते हैं। कहीं-कहीं इसे मोरेन मिट्टी (Moraine soil) भी कहते हैं।

मिट्टी का विभाजन

कोलूवियल (Colluvial soil) मिट्टी पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण द्वारा बनती है। इन मिट्टियों का विशेष वर्णन नीचे दिया जाता है।

अवशिष्ट मिट्टी—जैसा कि ऊपर कहा गया है, यह मिट्टी सदा अपने स्थान पर ही बनती है। यह सबसे प्राचीन मिट्टी मानी गयी है। ऋतुक्षरण का प्रभाव इन मिट्टियों पर बराबर पड़ता रहता है और यह प्रभाव अधिकांश रासायनिक और भौतिक रूप में होता है। मिट्टी के रंग-रूपरेखा तथा भौतिक और रासायनिक गुण

नीचे की चट्टान से सम्बन्धित है। यदि नीचे की चट्टान चूने का पत्थर (Dolamite), शेल (shale) तथा कम क्वाट्ज (Quartz) और ग्रेनाइट (Granite) की हो तब मिट्टी का भौतिक गुण मटियार (clayey) होगा। यदि नीचे रेत पत्थर या अधिक क्वाट्र्जवाली ग्रेनाइट हो तो उत्पादित मिट्टी रेतीली होगी। इस प्रकार की मिट्टी परतदार नहीं होती, क्योंकि परिच्यवन सर्वदा होता रहता है। यही कारण है कि इस मिट्टी में सिलिका, लौह और एल्यूमिनियम अधिक मात्रा में शेष रह जाते हैं और विलयनशील पदार्थ छनकर नीचे की तरफ चला जाता है। इसमें ऑक्सीकरण की क्रिया अधिक होती है और यही कारण है कि लौह ऑक्सीकृत होकर मिट्टी को लाल या पीला रंग प्रदान करता है। यदि लौह की मात्रा कम हो और ऑक्सीकरण की क्रिया भी कम रहे तब मिट्टी भूरा रंग धारण करती है। इन मिट्टियों में जीवों की उपस्थिति अधिकतर जलवायु पर निर्भर है। यदि वर्षा और तापक्रम पेड़-पौधों की उत्पत्ति और बढ़ाव के लिए अधिक अनुकूल हुए, तब मिट्टी में जीवों की संख्या अधिक पायी जायगी। इस प्रकार की मिट्टियों में कणाकार बड़ा होता है और मिट्टी की गहराई कम रहती है। यह मिट्टी कृषि के लिए उपयोगी नहीं होती। भारतवर्ष में यह मिट्टी पहाड़ी प्रदेशों में पायी जाती है।

एकत्र मिट्टी—यह मिट्टी अवशिष्ट मिट्टी की भाँति होती है, परन्तु इसमें खनिज पदार्थ कम और जीवांश अधिक मात्रा में होते हैं। यह दलदल जगहों में, जहाँ वर्षा अधिक होती है, पायी जाती है। इन मिट्टियों पर पौधे पनपते हैं और वहीं पर सड़ जाते हैं। यह क्रिया बराबर जारी रहती है और पेड़-पौधे गहराई तक पाये जाते हैं। यहाँ हवा का प्रवेश नहीं होता और ऑक्सीकरण भी नहीं होता। इन मिट्टियों का सम्बन्ध और इनकी गहराई समय और वर्षा पर निर्भर है। ये दो भागों में बाँटी गयी हैं।

एक अपूर्ण लोदूँ मिट्टी (Peat soil) और दूसरा पूर्ण लोदूँ मिट्टी (Muck soil)। पहले वर्ग की मिट्टी में कुछ बिना सड़े हुए पेड़-पौधे भी रहते हैं, किन्तु दूसरे वर्ग की मिट्टी में सड़ने की क्रिया पराकाष्ठा पर पहुँच जाती है और पेड़-पौधे के भाग पहचाने नहीं जाते। सब कुछ सड़कर ह्यूमस (Humus) बन जाता है।

इन मिट्टियों का रंग अत्यन्त काला होता है। जल-शोषण की शक्ति भी अधिक होती है। इनमें कलिल पदार्थ (colloidal matter) अधिक रहता है। अक्सर यह बहुत-सी हल्की मिट्टियों में मिलाया जाता है और खाद के रूप में प्रयोग किया जाता है। इसमें नाइट्रोजन अप्राप्य रहता है। इसलिए गोबर की खाद को मिलाकर इसके सड़ने की क्रिया अधिक कर दी जाती है और अप्राप्य नाइट्रोजन

प्राप्त होने लगता है। यदि इसमें पोटाश और फौस्फेट मिलाया जाय और जल का निष्कासन किया जाय तब यह कृषि के लिए अधिक उपयोगी सिद्ध होगी। इस मिट्टी को गमलों में नर्सरी में तथा ग्रीनहाउस (Green House) में इस्तेमाल करते हैं क्योंकि इसमें उपर्युक्त रासायनिक गुणों के अतिरिक्त भौतिक गुण भी हैं। मटियार होने के कारण यह दूमट बलुहट तथा सिल्टी मिट्टी के साथ मिलायी जा सकती है जिसके द्वारा मिट्टी का भौतिक गुण बदल जाता है।

प्रस्थानीय मिट्टी

प्रस्थानीय मिट्टी अपनी उत्पत्ति के स्थान से दूर हवा, पानी, बर्फ और गुरुत्वाकर्षण द्वारा अन्य स्थानों पर बनती है। कुल मिट्टी का ९० प्रतिशत भाग प्रस्थानीय मिट्टी द्वारा बनता है। विभिन्न प्रकार की बाहरी क्रियाओं द्वारा जो प्रस्थानीय मिट्टियाँ बनती हैं, उनका परिचय नीचे दिया जाता है।

१. **वायु द्वारा बनी मिट्टी**—इसे अंगरेजी में Aeoline कहते हैं। जब वायु के झोंके बहुत तेजी से चलते हैं तब मिट्टी के बारीक कण अपनी सतह से दूर जाकर दूसरी जगह एकत्रित हो जाते हैं। इन मिट्टियों में कुछ सिल्ट और मटियार गुण भी होता है। कुछ पीलापन सा भी रहता है। मिट्टी का भौतिक गुण कृषि क्रम करने से बदल जाता है। इस पर ऋतुक्षरण का प्रभाव कम पड़ता है। क्वार्ट्ज Quartz) की मात्रा इसमें अधिक रहती है, किन्तु कैल्साइट (Calcite), अबरख (अभ्रक, Mica) और फेल्डस्पार (Feldspar) भी काफी मात्रा में रहते हैं।

२. **रेत टीला** (Sand dunes)—इस प्रकार की मिट्टी वायु द्वारा रेगिस्तान के आसपास अथवा रेगिस्तान में एक जगह से उड़कर दूसरी जगह एकत्र होती है। वायु की गति एक दिशा में होने के कारण रेतीली जमीन एक ही स्थान पर बन जाती है और टीले के समान हो जाती है। कभी-कभी ये टीले १५–२० मील लम्बे होते हैं और सैकड़ों फुट ऊँचे होते हैं। भारतवर्ष में ऐसे टीले सूरत, काठियावाड़, राजस्थान और भरौंच में पाये जाते हैं।

लोएस पीले या भूरे रंग की मिट्टी होती है। इसके भी कण छोटे-छोटे होते हैं। यह मटियार मिट्टी होती है, लेकिन इसमें जलधारण शक्ति उतनी नहीं रहती। यह उपजाऊ भी होती है। इसमें ऋतुक्षरण-क्रिया कम होती है। मटियार का भाग २० से ३० प्रतिशत तक होता है और इसमें रेत कम होती है। इसमें वे सब खनिज भी पाये जाते हैं जो वायु-उत्पादित मिट्टी में रहते हैं।

ज्वालामुखीय मिट्टी (volcanic soil) ज्वालामुखी पहाड़ों के आसपास उसके उद्गार द्वारा बनती है। धूल और राख इस क्रिया द्वारा बाहर निकलकर हवा में उड़ते हैं और दूर स्थान पर पहुँच जाते हैं।

३. **जल-उत्पादित मिट्टी**—यह मिट्टी नदियों, झीलों तथा समुद्र के बहाव द्वारा बनती है। मिट्टी के बहुत-से कण जलस्रोतों में बहते रहते हैं और एक स्थान से दूसरे स्थान पर लाये जाते हैं। जब जल की धारा कम हो जाती है और बहाव भी कम हो जाता है तब ये कण सिल्ट के रूप में नदियों के मुहाने पर तथा किनारे पर जमा हो जाते हैं। अक्सर बाढ़ के बाद सिल्ट नदियों के आसपास जमा हो जाते हैं। जल की गति से वाहन शक्ति का सम्बन्ध है। ऐसा पता चलता है कि जल की गति यदि २$\frac{१}{२}$" इंच प्रति सेकेंड है तो उस अवस्था में अत्यन्त सूक्ष्म मिट्टी के कण ही प्रवाहित होंगे। यदि यह गति ४ मील प्रति घंटा हो जाय तो बड़े-बड़े पत्थर के टुकड़े जिनका वजन आधा सेर हो, प्रवाहित हो सकते हैं। इसका पूर्ण-विवरण सारणी सं० १५, द्वितीय परिच्छेद में दिया गया है।

४. **एल्यूवियल मिट्टी** (Alluvial soil)—यह मिट्टी कृषि के लिए अत्यन्त उर्वरा समझी जाती है। जल के प्रवाह से सिल्ट (साद) इत्यादि जो जमा हो जाते हैं, उनके ऊपर यह मिट्टी बनती है। जो भारी कण रहते हैं वे नीचे की तरफ बैठ जाते हैं और उनके ऊपर बारीक कण जो सिल्ट और मटियार मिट्टी होते हैं, बैठ जाते हैं। इस प्रकार एक तह के ऊपर दूसरी तह बैठती जाती है।

सारणी संख्या ६० (दे० पृ० ३०५)

स्थान—उत्तरी हसनपुर बिहार।					
मिट्टी का कण	मिट्टी के स्तर की लम्बाई				
	०–६"	६"–१२"	१२"–३०"	३०"–४५"	४५"–७२"
बालू प्रतिशत मिट्टी पर	८५.२	८१.८	८३.६	९२.२	८३.८
सिल्ट प्रतिशत मिट्टी पर	४.४	१०.६	७.६	५.८	४.६
चिकनी मिट्टी प्रतिशत मिट्टी पर	१०.४	७.६	८.८	१२.०	११.६

लेखक ने इस प्रकार की मिट्टियों की जाँच ७२" इंच की गहराई तक बिहार की नदियों के आसपास की है, जिससे यह पता चलता है कि किस प्रकार एक दूसरे के स्तर पर बालू, सिल्ट (साद) और चिकनी मिट्टी बैठती जाती है। सारणी संख्या ६० में ये आँकड़े दिये गये हैं।

सारणी में आप देखेंगे कि एक पर एक पाँच तहों में इस प्रकार की मिट्टियाँ बनी हुई हैं। ऐसी मिट्टी नदियों के आसपास बनती है।

एल्यूवियल मिट्टी का इस प्रकार परतदार बनना उसका स्वाभाविक गुण है। इसके कण स्थानीय मिट्टी की अपेक्षा अधिक गोलाकार होते हैं। यह मिट्टी बहुत गहरी होती है और अधिकतर सिल्ट, दूमट तथा रेतीली दूमट द्वारा बनी होती है। इसमें जीवांश की मात्रा अधिक होती है और अधिक गहराई तक जीवांश पाये जाते हैं। नदियों के निकास के पास जल का वेग बहुत तीव्र होता है और उनके बहाव के साथ-साथ चट्टान के बड़े-बड़े टुकड़े बहते चले आते हैं। ये टुकड़े किनारों पर तथा पहाड़ की तराई पर एकत्रित होते हैं। आपस में रगड़ खाने से तथा टकराने से छोटे-छोटे बन जाते हैं। अक्सर नदियों के ऊपरी भाग पर छोटे-छोटे टुकड़े आसपास फैले रहते हैं। भारतवर्ष में उत्तर की ओर हिमालय की तराई में, जहाँ नदियाँ पहाड़ी प्रदेश से निकलती हैं, ऐसे गोल-गोल टुकड़े देखने को मिलते हैं। जब नदी मैदान में बहने लगती है तब जल का वेग कम पड़ जाता है और अत्यन्त छोटे-छोटे कण नदी की धारा के आसपास बैठने लगते हैं। वैज्ञानिकों का मत है कि भारतवर्ष का उत्तरी भाग जो गंगा नदी के उत्तर और दक्षिण में है तथा पंजाब का वह भाग, जो नदी के आसपास है, ऐसी मिट्टियों से बना है। यदि हरिद्वार से लेकर बंगाल की खाड़ी तक जल के कणों के आकार का माप लिया जाय तो उसमें विशेष अन्तर मिलेगा। गंगा के ऊपरी भाग के कण बड़े और निचले भाग के कण छोटे पाये जा सकते हैं।

५. **समुद्री मिट्टी**—इसको अंग्रेजी में मेरीन मिट्टी (Marine soil) कहते हैं। अधिकतर यह रेतीली मिट्टी होती है और समुद्र के किनारे तथा टापुओं में पायी जाती है। इसमें पौधों के भोजन के लिए द्रव्य अत्यन्त कम होते हैं और जीवाणु भी कम मात्रा में रहते हैं। इसका रंग भूरा होता है।

६. **झील से बनी मिट्टी**—यह मिट्टी अंग्रेजी में लैकसट्रीन मिट्टी (Lacustrine soil) के नाम से प्रचलित है। झीलों में बहुत-सी नदियाँ गिरतीं हैं और बाहर से मिट्टी को लाकर उसमें जमा करती हैं। यह मिट्टी इसी भाग में आती है। यह झील के निकट पायी जाती है। कृषि-कार्य के लिए यह मिट्टी समुद्री मिट्टी की अपेक्षा अधिक

लाभदायक है। यह भूरे और काले रंग की होती है। कणों का आकार रेत या मटियार के कणों के बराबर होता है। इसमें जीवांश की मात्रा अधिक होती है।

७. **हिम-उत्पादित मिट्टी**—जब पहाड़ों पर से बर्फ की चट्टानें खिसकने लगती हैं तब इस मिट्टी की बनावट होती है। शीत प्रदेशों में बर्फ की बड़ी लम्बी-चौड़ी चट्टानें नदियों में तैरने लगती हैं और चट्टानों के साथ टकराकर उनके छोटे-छोटे कण पानी में प्रवाहित होने लगते हैं। ये कण नदियों के किनारे तथा मुहाने पर जमा हो जाते हैं। उत्तरी अमेरिका तथा भारतवर्ष में ऐसी मिट्टी पायी जाती है।

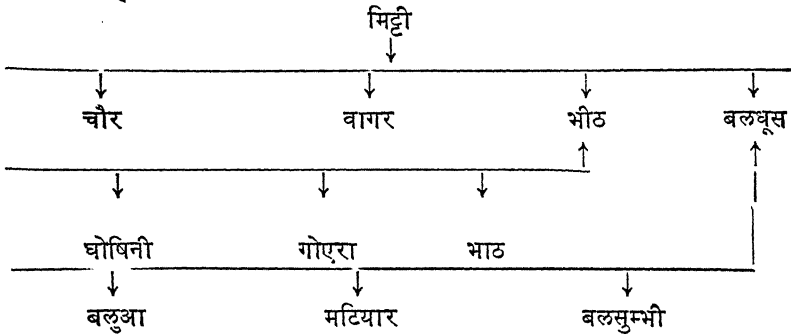
८. **गुरुत्वाकर्षण द्वारा बनी हुई मिट्टी**—जहाँ पहाड़ एकदम ढालुवाँ नहीं होता और पृथ्वी पर सीधा खड़ा रहता है वहाँ पृथ्वी के आकर्षण से चट्टानें नीचे गिरकर टूटने लगती हैं और छोटे-छोटे कणों में परिवर्तित हो जाती हैं। इन मिट्टियों में पत्थर के टुकड़े और रेत बहुत पायी जाती हैं। ऐसी मिट्टियाँ बहुत कम पायी जाती हैं और ये कृषि के लिए अनुपयोगी हैं।

२—कणों के आकार पर मिट्टी का वर्गीकरण

आदिकाल में मिट्टी का वर्गीकरण ऊपरी सतह की मिट्टियों की जाँच करने के बाद होता था। ऊपर की मिट्टियों का चिकनापन व रंग देखकर ही कृषक पता लगा लिया करते थे कि अमुक मिट्टी का, कणों के माप पर किस प्रकार वर्गीकरण किया जा सकता है। यद्यपि आधुनिक कणों की विश्लेषणक्रिया अति सूक्ष्म कणों की मात्रा भी बतला देती है, फिर भी आदिकाल में कृषक हाथ से मिट्टियों को छूकर तथा पानी के साथ मिट्टियों को भिगो कर यह पता लगा लेते थे कि अमुक मिट्टी में बालू अथवा रेत अधिक है। इस प्रकार उन्हें मटियार मिट्टी का भी ज्ञान हो जाया करता था। मिट्टी के कणों के आधार पर उत्तर भारतवर्ष में कृषकों ने जो वर्गीकरण किया है वह नीचे पृ० ३०७ पर रेखाचित्र के रूप में दिया जा रहा है।

रेखाचित्र से यह पता चलता है कि कृषकों का वर्गीकरण मिट्टी के कणों के आकार और उसमें पाये गये कार्बनिक और अकार्बनिक द्रव्यों पर निर्भर है। लेखक ने इस वर्गीकरण द्वारा पायी गयी मिट्टियों को आधुनिक विश्लेषण-प्रणाली द्वारा पाये गये विभिन्न कार्बनिक और अकार्बनिक द्रव्यों के साथ सम्बन्धित किया है। यह सम्बन्ध सारणी संख्या ६१ में दिया गया है।

रेखा-चित्र

कृषकों द्वारा किया गया वर्गीकरण जो उत्तर बिहार और उत्तर प्रदेश में प्रचलित है।

३. आधुनिक मिट्टी-वर्गीकरण का इतिहास

मिट्टी के वर्गीकरण पर इस भाग के प्रथम परिच्छेद में साधारणतः कुछ विचार प्रकट किया गया है। यहाँ पर उसका सविस्तार वर्णन किया जा रहा है। आधुनिक मिट्टी-वर्गीकरण के पूर्व जर्मनी और रूस में मिट्टी-वर्गीकरण की चेष्टा अनेक वैज्ञानिकों और कृषकों ने की है। फालऊ (Fallou) ने सन् १८६२ में सैक्सोनी (Saxony) में मिट्टी का वर्गीकरण चट्टानों की विभिन्नता के ऊपर निर्धारित किया। उन्होंने बतलाया कि जिन चट्टानों से मिट्टी की उत्पत्ति हुई है और इस कारणवश जिससे इनका गहरा सम्बन्ध रहा है, उन्हीं चट्टानों के ऊपर मिट्टियों का वर्गीकरण निर्भर है। यद्यपि इस प्रकार का वर्गीकरण आधुनिक मिट्टी के वर्गीकरण का एक अंग है, फिर भी यह वर्गीकरण पूर्ण नहीं है और इसमें अनेक त्रुटियाँ हैं। एक ही चट्टान विभिन्न प्रकार की मिट्टियों की उत्पत्ति कर सकती है। इस प्रकार के वर्गीकरण में जलवायु का समावेश नहीं है। प्रथम भाग के द्वितीय परिच्छेद में यह बतलाया गया है कि मिट्टी की बनावट जलवायु पर निर्भर है। आधुनिक वर्गीकरण के पूर्व जो भी वर्गीकरण हुआ है, वह अपूर्ण माना गया, क्योंकि ऐसे वर्गीकरण में केवल सतह पर की मिट्टी का उल्लेख है। यह पता चलता है कि कृषि के लिए ऊपरी सतह की मिट्टी की जाँच-पड़ताल से काम नहीं चलता। मिट्टी की ऊपरी सतह के नीचे छः-सात फुट तक मिट्टी की जो बनावट होती है, उसका भी जानना अत्यन्त आवश्यक होता है। इसे हम मिट्टी का पार्श्वचित्र कहते हैं। इसका अर्थ है मिट्टी का वह भाग जो ऊपरी

सारणी संख्या ६१

कृषकों द्वारा वर्गीकरण से प्राप्त विभिन्न मिट्टियों का रासायनिक गुण

		क्ले %	सिल्ट%	बालू %	N %	P %	K %	Ca%	pH	Org. c.	C/N.	sol-salt mgm%		
चौंर और बांगर		२६.३२	३१.४०	४२.२८	०.०९३	०.०८५	०.८५	०.९५३	७०·७५	८३९	९.३	१९०	मटियार दूमट	नीची जमीन, अधिक चिकनी मि अधिक पोषक द्रव्य, कैंलसियम ह अधिक जलशोषण शक्ति।
धोबिनि		१०.४०	२४.६८	६४.९२	०.०४६	०.०४६	०.६९	०·४५	७.५	३९८	८.३	१४५	मध्यम दूमट	परिच्यवित शेरनोजेंम (Tsch nozem) ऊँची जमीन, क पोषक द्रव्य कैंलसियम हीन।
गोएरा		७.५३	३३.८९	५४.०८	०.०९२	०.१३९	०.८०	०.२५ / १.०	७.५ / ८.५	६९९	७.०५	१६०	मध्यम दूमट	अधिक खाद युक्त घर के नजदीक की मिट्टी।
भीठ / भाठ	बलुआ	२.१२	१.००	९६.९८	०.०४७	०·००९	०.३४	०.४३	७.० / ७.५	–४८५	१०.८	१३०	बलुई	बाढ़ के जल द्वारा सिल्ट का आगमन।
	मटियार	१३.४८	१३.२४	७३.२८	०.०४९	०.०९२	०.७६	०.२५ / २१.०	७.५ / ८.५	–३६२	७.४	१९०	बलुई मटियार	कणों के आकार पर कृषकों द्वा वर्गीकरण तथा पोषक द्रव्यों व मात्रा पर वर्गीकरण।
	बलसूम्मी	६.८	६.७	८६.५	०.०५९	०.०५४	०.६३	०.३८	७.६	—	—	११६	मटियार बालू	बलुहट मिट्टी और लवण की कमी
बलधूस		४.४	३.७	९१.९	०.०२४	०.०९	०·८२	०.७३	७.५	२०६	९.६	२०६	बलुई	बलुहट मिट्टी, बाहर से बालू क आगमन, पोषक द्रव्यों की कमी

सतह के नीचे पाया जाता है और जिसकी गहराई वहाँ तक होती है जहाँ तक पेड़-पौधों की जड़ें पायी जाती हैं। मिट्टी के पार्श्व-चित्र (Profile) का अध्ययन वैज्ञानिकों ने आधुनिक ढंग पर किया है। वैज्ञानिकों का यह कहना है कि मिट्टी के पार्श्व-चित्र का उसी प्रकार आविर्भाव होता है जिस प्रकार एक जीव का आविर्भाव हो सकता है। जैसे जीवित प्राणी जल, वायु और बाहरी क्रियाओं के अनुकूल होकर बढ़ता है और परिपक्व होता है, उसी प्रकार मिट्टी का पार्श्व-चित्र भी जल, वायु, उष्णता, आर्द्रता, ताप, वनस्पति, जीवाणु तथा प्राकृतिक स्थिति के अनुकूल होकर परिपक्व होता है और विभिन्न स्तरों को प्राप्त होता है। परिपक्व अवस्था में ये प्रस्तर मिट्टी की ऊपरी सतह के नीचे साफ-साफ दिखलाई देते हैं। जिस चट्टान पर मिट्टी बनी हो, वहाँ यदि पार्श्व-चित्र को देखा जाय तो उसमें प्रधानतः तीन प्रस्तर पाये जायँगे, जिनका उल्लेख इस भाग के द्वितीय परिच्छेद में किया गया है।

फालऊ (Fallou) के वर्गीकरण में मिट्टी के पार्श्व-चित्र का वर्णन नहीं है। डोकाशेव (Dokuchaiev) ने १८७९ में रूस में मिट्टी का सविस्तर वर्गीकरण किया है। इस वर्गीकरण के अनुसार मिट्टी दो प्रधान भागों में बाँटी गयी।

१. सामान्य (Normal) मिट्टी——

(मिट्टी उत्पादन की प्रधान क्रियाओं द्वारा बनी मिट्टी)

(क) महादेशीय ह्यूमस मिट्टी (Continental Humus Soil)

(i) भूरी, उत्तर प्रदेश की मिट्टी (Podsols)

(ii) शेरनोजेम मिट्टी, काली मिट्टी (Black Tshernosem)

(iii) चेस्टनट मिट्टी (Chestnut Soil)

(iv) क्षारीय मिट्टी (Alkaline Soil)

(ख) महादेशीय दलदल मिट्टी (Continental Swamp Soil)

२. असमान्य

(क) अपक्षरित मिट्टी,

(ख) कछार तथा झील से बनी मिट्टी (Alluvial or Lacustrine Soil)

इस वर्गीकरण में पीछे चलकर कुछ परिवर्तन किया गया है। इस वर्गीकरण के पूर्ण अध्ययन से यह पता चलता है कि इसका प्रयोग एक निर्धारित जलवायु तक सीमित है। उष्ण प्रदेश की मिट्टियों का वर्गीकरण इस प्रणाली द्वारा नहीं हो सकता। अस्वाभाविक मिट्टियों को वर्गीकरण में रखने पर वैज्ञानिकों ने विरोध किया है, क्योंकि इस प्रकार की मिट्टियाँ पूर्ण नहीं हैं और इनकी रूप-रेखा बदलती रहती है। १८८६

ई० में रिक्टोफेन (Richtofen) ने मिट्टी-वर्गीकरण की प्रणाली चट्टानों की ऋतुक्षरण-क्रिया पर निर्धारित की है। ऐसे वर्गीकरण का विरोध इसलिए किया गया है कि यह केवल चट्टानों का ही वर्गीकरण है। इसके उपरान्त हिलगार्ड (Hilguard) ने मिट्टियों को दो भागों में बाँटा—एक उष्ण प्रदेश की मिट्टी और दूसरी शुष्क प्रदेश की मिट्टी। यद्यपि यह विभाजन जलवायु पर निर्धारित हुआ, फिर भी इसमें अनेक त्रुटियाँ रह गयी हैं।

सिबिरजेव (Sibirtzev) ने जो एक रूसी (Russian) वैज्ञानिक था, मिट्टी का विभाजन तीन आधारों पर किया। एक—मिट्टी को जन्म देनेवाली चट्टान। दूसरा—जीव-जन्तु जो मिट्टी पर रहते हैं। तीसरा—जलवायु। सबसे अधिक महत्त्व आर्द्रता को दिया गया और आर्द्रता को तापमान और वर्षा से सम्बन्धित किया गया। इस धारणा को लेकर इस वैज्ञानिक ने मिट्टी को तीन भागों में बाँटा।

१. कटिबन्धीय मिट्टी (Zonal Soil)
२. अभ्यन्तर कटिबन्धीय मिट्टी (Intria Zonal Soil)
३. अकटिबन्धीय मिट्टी (Azonal Soil)

प्रथम भाग के प्रथम परिच्छेद में इन मिट्टियों का विवरण दिया गया है। यद्यपि सिबिरजेव ने केवल रूस में काम किया और वहाँ की ही मिट्टी का वर्गीकरण किया, फिर भी मिट्टी-वर्गीकरण में इनका स्थान ऊँचा है, क्योंकि इन्होंने एक ही कारक (Factor) को महत्त्व नहीं दिया। अन्य कारकों द्वारा जो मिट्टी बनती है, उसको भी महत्त्वपूर्ण बतलाया। उस समय में मिट्टी की रासायनिक और भौतिक क्रियाओं का ज्ञान अधिक नहीं था, और इस विषय पर अपूर्ण ज्ञान होते हुए यदि इस वैज्ञानिक ने अन्य कारकों को महत्त्वपूर्ण बतलाया, तब इससे यह पता चलता है कि इस विषय पर इन्होंने भावी वैज्ञानिक अनुसंधान के लिए अत्यन्त महत्त्वपूर्ण बात बतलायी। १९११ में रमन (Ramann) ने यूरोप की मिट्टी का वर्गीकरण किया और हिलगार्ड (Hilguard) के अनुकूल अपना मत दिया। प्रथम तो इन्होंने मिट्टी का, ऋतुक्षरण क्रिया के आधार पर वर्गीकरण किया, तदुपरान्त जलवायु के आधार पर वर्गीकरण करके मिट्टी को निम्नलिखित भागों में बाँटा।

(क) आर्द्र मिट्टी—(Humid soil)
- (i) पौडसौल मिट्टी (Podsol soil)
- (ii) भूरी मिट्टी (Brown soil)
- (iii) पीली और लाल मिट्टी (Yellow and red soil)

(ख) शुष्क मिट्टी—(Arid Soil)

(i) शेरनोजेम्स मिट्टी (Tshernosems Soil)

(ii) चेस्टनट मिट्टी (Chestnut Soil)

(iii) धूम्र रेगिस्तानी मिट्टी (Grey desert Soil) और क्षारीय मिट्टी (Saline Soil)

१९१४ में ग्लिनका (Glinka) ने मिट्टी का विभाजन उसके पार्श्वचित्र तथा बाहरी कारकों के ऊपर किया। इस वर्गीकरण में मिट्टी में परिच्यवन और नीचे की ओर जल की गति का ध्यान रखा गया है। उनके मत के अनुसार इस वर्गीकरण का वर्णन विशेष रूप से नीचे किया जाता है।

१. एक्टो डायनामो मौर्फिक मिट्टी (Ekto-dynamo-morphic Soil) वह मिट्टी जिसमें मिट्टी के बनानेवाले बाहरी कारक मिट्टी के गुण को प्रभावित करते हैं।

(क) लैटराइट (Laterite) लाल मिट्टी और पीली मिट्टी।

(ख) पौडसौल (Podsols) भूरी, जंगल की मिट्टी और अवक्षरित शेरनोजेम्स मिट्टी (Degraded Tshernosems Soil)

(ग) शेरनोजेम्स मिट्टी (Tshernosems Soil)

(घ) चेस्टनट मिट्टी (Chestnut Soil)

(च)—लोन्दू मिट्टी (Peat Soil) और पहाड़ पर की मिट्टी, (Mountain Soil)

(छ)—ऊसर मिट्टी तथा क्षारीय मिट्टी।

२. एन्डो डायनामो मौर्फिक मिट्टी (Endo dynamo morphic Soil)—वे मिट्टियाँ जिनके गुण उन चट्टानों द्वारा प्रभावित होते हैं, जिनसे इनकी उत्पत्ति हुई है।

(क)—रेन्डजीना (Rendzina) अथवा ह्यूमस (Humes) कार्बोनेट (carbonate) युक्त मिट्टी

(ख)—कंकाल मिट्टी (Skeletal Soil)

आधुनिक समय में मिट्टी के वर्गीकरण में जलवायु को अधिक महत्त्व दिया गया है। ऊपर के सभी वर्गीकरणों में किसी-न-किसी रूप में जलवायु का समावेश है। जलवायु में दो बातें होती हैं—१. वार्षिक वर्षा और २. तापमान। इन दोनों के साथ आर्द्रता (Humidity) का सम्बन्ध है। जो भी जल वर्षा के रूप में मिट्टी

पर पड़ता है उसका कुछ अंश मिट्टी के नीचे परिच्युत हो जाता है। इसका सम्बन्ध तापमान से है। अधिक तापमान होने पर वायु में जल की मात्रा अधिक हो जायगी। लैंग (Lang) ने इन सम्बन्धों का अध्ययन किया है और जलवायु के प्रभाव को जानने के लिए उन्होंने वार्षिक वर्षा और वार्षिक तापमान का अनुपात व्यवहार किया है। उनका कहना है कि यह अनुपात मिट्टी की बनावट पर निर्भर है। उन्होंने मिट्टी का वर्गीकरण इस अनुपात पर किया है जो नीचे दिया जाता है।

मिट्टी का वर्ग	लैंग (Lang) का अनुपात औसत वार्षिक वर्षा/औसत वार्षिक तापमान
१. लोन्दू (लोंदा) मिट्टी (Peat soil)	>१६०
२. काली मिट्टी (Black Soil)	१६०–१००
३. भूरी मिट्टी (Brown Soil)	१००–६०
४. पीली मिट्टी, (Yellow Soil) लाल मिट्टी (Red earth) और लैटराइट (& laterite)	६०–४०
५. क्षारीय मिट्टी (Saline Soil)	< ४०

ऊपर के वर्गीकरण से यह पता चलता है कि जैसे-जैसे आर्द्रता बढ़ती गयी वैसे-वैसे मिट्टियों का रंग बदलता गया और क्षारीयता कम होती गयी। अन्त में लैन्ग (Lang) अनुपात अधिक होने पर लोन्दू (Peat Soil) मिट्टी की उत्पत्ति होती है। इस प्रणाली के अनुसार काली मिट्टी को अधिक आर्द्रता के साथ सम्बन्धित किया गया है। इसलिए यह प्रणाली दोषरहित नहीं है।

आर्द्रता के साथ मिट्टी का सम्बन्ध मेयर ने (Meyer) एक दूसरी प्रणाली पर स्थित किया है। इस प्रणाली के अनुसार औसत वर्षा का अनुपात पूर्ण संतृप्त आर्द्रता में कमी के साथ दिखलाया गया है और इस अनुपात का सम्बन्ध विभिन्न वर्गों की मिट्टियों के साथ प्रदर्शित किया गया है। इस प्रणाली के अनुसार जो मिट्टी का वर्गीकरण किया गया है, वह नीचे दिया जाता है।

मेयर (Meyer) अनुपात का नाम N—S. Quotient रखा गया।

मिट्टी का वर्ग	N—S. Quotient.
रेगिस्तानी मिट्टी	०.–१००
मेडीटेरेनियन की मिट्टी	५०.–२००
चेस्टनट मिट्टी	१००.–२७५
काली मिट्टी	१२५.–३५०

भूरी मिट्टी	२७५.–४००
एटलान्टिक की मिट्टी	३७५.–१०००
हीथ (Heath) मिट्टी	३७५.–७००
उत्तरी जर्मनी की मिट्टी	३००.–१२००
उत्तरी रूस की मिट्टी	४००.–६००
आल्प पर्वत से बनी मिट्टी	१०००.–४०००.

जेनी (Jenny) ने बतलाया है कि यूरोप और अमेरिका की प्रधान मिट्टी N—S. Quotient के साथ सम्बन्धित की जा सकती है। ऊपर के वर्गीकरण से पता चलता है कि इस वर्गीकरण में मिट्टियों की परिभाषा ठीक नहीं है। जिस स्थान का N—S. Quotient अत्यन्त कम है जैसे—२५—वह कई वर्ग की मिट्टियों के साथ सम्बन्धित किया जा सकता है। मिट्टियों के इस विभाजन से यह पता चलता है कि शुष्क प्रदेश की मिट्टियाँ, आर्द्र प्रदेश की मिट्टियों से भिन्न हैं।

१९२७ ई० के बाद मिट्टियों का वर्गीकरण और विभाजन पूर्ण वैज्ञानिग ढंग से हो सका है। इसका श्रेय अधिकतर रूसी और जर्मन वैज्ञानिकों को है। वाइलेंसकी (Vilensky) ने मिट्टियों को चार भागों में विभक्त किया। इसका वर्णन प्रथम भाग के प्रथम परिच्छेद में किया गया है।

प्रथम विभाजन अति उष्ण प्रदेश की मिट्टियों से सम्बन्ध रखता है। इसका नाम है Thermogenic। इस प्रकार की मिट्टियाँ अति उष्ण प्रदेश में पायी जातीं हैं। इनमें खनिज सिलिकेट का विच्छेदन और कार्बनिक द्रव्यों का ह्रास हो जाता है तथा कार्बन-डाई-आक्साइड की उत्पत्ति अधिक होती है। ऐसी स्थिति में लाल, पीली तथा लैटराइट (Laterite) मिट्टी पायी जाती है। दूसरा वर्गीकरण उन मिट्टियों का है, जो कुछ कम तापमान पर पायी जाती हैं। इन मिट्टियों में पौधे बहुत उपजते हैं। कार्बनिक द्रव्य बहुत रहते हैं तथा सिलीकेट का विच्छेदन कम होता है। शेरनोजेम (Tshernosem), चेस्टनट (chestnut) तथा पौडसौल (Podsol) नामक मिट्टी इस अवस्था में पायी जाती है। इस वर्ग में जो मिट्टियाँ आती हैं उनको फाइटोजेनिक (Phytogenic) कहते हैं। तीसरा वर्गीकरण उन मिट्टियों के लिए है जो अत्यन्त शीत प्रदेश में पायी जाती हैं। इस वर्ग का नाम Hydrogenic है। ये मिट्टियाँ अधिकतर जल के जमा होने से बनती हैं। नीचे के प्रस्तर में फेरस (Ferrous) यौगिक पाये जाते हैं। इस वर्ग में पीट (Peat), पौडसौल (Podsol) और मीडो (Meadow) नामक मिट्टियाँ आती हैं। चौथा वर्गीकरण उन मिट्टियों का है

जिनमें क्षार की मात्रा अत्यन्त अधिक है। जब सोडियम के रूप में क्षार अधिक रहता है तब उस मिट्टी को सेलाइन (Saline) मिट्टी कहते हैं। जब सोडियम कलिल पर अधिक पाया जाता है तब उसको एलकेलाइन (Alkaline) मिट्टी कहते हैं। और जब सोडियम क्षार और कलिल सोडियम दोनों ही रहते हैं तब उन्हें सोलोटी (Soloti) कहते हैं। पीछे चलकर वाइलेंसकी (Vilensky) ने जलवायु को पाँच भागों में बाँटा और हरएक भाग में तापमान पर पाँच अलग भाग निर्धारित किये। इन सभी भागों में जो मिट्टियाँ पायी जाती हैं उनका नाम नीचे की सारणी सं० ६२ में दिया जाता है।

सारणी संख्या ६२

वाइलेंस्की (Vilensky) के अनुसार मिट्टी का वर्गीकरण

	शुष्क प्रदेश	कम शुष्क प्रदेश	मध्यवर्ती प्रदेश	कम आर्द्र प्रदेश	आर्द्र प्रदेश
ध्रुवीय प्रदेश	तून्द्रा मिट्टी,	पीट मिट्टी	पीट मिट्टी	—	पौडसौल मिट्टी
शीत प्रदेश	पीट मिट्टी	—	काली मिट्टी	अपक्षरित मीडो मिट्टी	पौडसौल मिट्टी
कम शीत प्रदेश	भूरी मिट्टी	चेस्टनट मिट्टी	शेरनोजेम मिट्टी	अपक्षरित भूरी मिट्टी	पौडसौल मिट्टी
कम शुष्क प्रदेश	—	पीली मिट्टी	पीली मिट्टी	अपक्षरित पीली मिट्टी	पौडसौल पीली मिट्टी
शुष्क प्रदेश	रेगिस्तान की लाल मिट्टी	लाल मिट्टी	लैटराइट मिट्टी	अपक्षरित लाल मिट्टी	पौडसौल लाल मिट्टी

नौसट्रेव (Neustreuev) ने मिट्टी को दो भागों में बाँटा। एक हाइड्रोमौरफस (Hydromorphous) और दूसरा ओटोमौरफस (Automorphous)। पहले वर्ग की मिट्टी पृथ्वी के नीचे के जलस्रोत द्वारा प्रवाहित हुई है और दूसरी मिट्टी का सम्बन्ध जलस्रोत से बिलकुल नहीं है। पहले प्रकार की मिट्टी को फिर दो भागों में बाँटा गया। एक, जिसमें केशीय नलियों द्वारा जल ऊपर उठता है। ऐसी स्थिति

में क्षारीय मिट्टी उत्पन्न होती है। और दूसरी वह मिट्टी जो आक्सिजन की अनुपस्थिति में अधिक पानी होने से उत्पन्न होती है, जैसे दलदल मिट्टी तथा लोन्दू मिट्टी। ओटोमौरफिक मिट्टी तीन प्रकार की है। ये तीन प्रकार की मिट्टियाँ खनिज सिलिकेट के विच्छेदन क्रिया की तीव्रता पर निर्भर हैं। जहाँ खनिज सिलिकेट का विच्छेदन बहुत अधिक हुआ है वहाँ लौह की अधिकता होगी और लैटराइट नामक मिट्टी की उत्पत्ति होगी। इससे कम विच्छेदन होने से लाल, पीले और भूरे रंग की मिट्टियाँ उत्पन्न होती हैं।

दूसरे प्रकार के विच्छेदन में लौह अधिक नहीं रहता। एलमूनो सिलसिक ऐसिड बनता है। इस प्रकार की मिट्टी जहाँ आर्द्रता कम और शुष्कता अधिक होती है, वहाँ बनती है। ऐसी मिट्टियों का नाम है, शेरनोजेम, चेस्टनट, धूमिल भूरी मिट्टी।

तीसरे प्रकार के विच्छेदन में अत्यन्त कम ऋतुक्षरण होता है। भौतिक ऋतुक्षरण द्वारा कण रहते हैं। छोटे-छोटे कण बाहर से आ जाते हैं। इस प्रकार की मिट्टी ध्रुवीय प्रदेशों में तथा आल्पस् पर्वत की घाटी में पायी जाती है।

स्टेबट (Stebutt) ने मिट्टी का वर्गीकरण तीन प्रकार से किया। एक—जिसमें सिलिकेट खनिज का विच्छेदन होता है, दूसरा—जिसमें नवीन पदार्थों का संश्लेषण होता है और तीसरा—जल के परिच्यवन से भिन्न संस्तरों का बनाना। उन्होंने इन सब बातों को विचारते हुए निम्नलिखित वर्गीकरण प्रणाली स्थापित की।

'क'—अविकसित मिट्टी

१—कम तापमान और शुष्कता के कारण मिट्टी की अविकसित बनावट।

२—चट्टानों के कारण अविकसित मिट्टी।

३—कछार (Alluvium) द्वारा अविकसित मिट्टी।

'ख'—विकसित मिट्टी

१ —जीओलिथ (Zeolith clay) की बनावट।

(च) क्षार की उपस्थिति में क्षारीय मिट्टी की रचना (Saline and Alkaline Soil)

(छ) क्षारीयता हट जाने के बाद शेरनोजेम की बनावट (Tshernosems)

२ —ह्रासित (Degraded) मिट्टी

(च) क्षारीय मिट्टी का ह्रासन।

(छ) केलकेरियस (calcareous) मिट्टी का ह्रासन।

३ —विनाश द्वारा बनी मिट्टी ।

(च) जिसमें अम्ल ह्यूमस का विनाश हुआ ।

(i) ऑक्सीकरण अवस्था में विनाश ।

(ii) अवकृत अवस्था में विनाश ।

(छ) कार्बोनिक अम्ल द्वारा विनाश ।

(i) परिच्यवन की अनुपस्थिति में लाल और भूरी मिट्टी ।

(ii) परिच्यवन की उपस्थिति में लैटराइट ।

ऊपर का वर्गीकरण बहुत ही विस्तारपूर्वक किया गया है और सभी बातों को विचार में रखकर यह वर्गीकरण हुआ है । नौसट्रेव (Neustreuev) ने और स्टेबट (Stebutt) ने मिट्टी के वर्गीकरण में, चट्टानों का, जिनसे मिट्टियाँ बनी होती हैं, स्थान प्रमुख दिखलाया और इस कारण से इस वर्गीकरण का स्थान ऊँचा रहा ।

अब तक जितने वर्गीकरण हुए उनमें चट्टानों को जिनसे मिट्टियाँ बनी होती हैं, ध्यान में रखा गया, किन्तु गेदरोवा (Gedroiz) ने एक ऐसा वर्गीकरण स्थापित किया, जिसमें मिट्टी के कलिल (Colloid) पर भस्म शोषण की क्रिया का आधार लिया गया । इस वर्गीकरण के अनुसार नीचे दी गयी मिट्टियाँ बतलायी गयीं ।

१—भस्म से संतृप्त मिट्टी ।

२—भस्म से असंतृप्त मिट्टी ।

पहले प्रकार की मिट्टी में शेरनोजेम (Tshernosem) वर्ग की मिट्टी, जो कैलसियम और मैगनीशियम से संतृप्त है तथा क्षारीय मिट्टी जो सोडियम से संतृप्त है, रखी गयी । दूसरे प्रकार की मिट्टी में पौडसौल, लैटराइट, लाल तथा पीली मिट्टी रखी गयी ।

इस प्रकार का वर्गीकरण अपूर्ण है और संसार की सभी मिट्टियों का समावेश इसमें नहीं हो सकता । पिछले वर्षों में इस बात पर अत्यन्त अधिक विस्तार किया गया कि कोई एक ऐसा वर्गीकरण किया जाय जिसमें संसार की सभी मिट्टियों का समावेश हो जाय । १९२७ ई० में वाशिंगटन (अमेरिका) में अन्तर्राष्ट्रीय मिट्टी विज्ञान सम्मेलन (International Congress of Soil Science) में मार्बट (Marbut) ने मिट्टी-वर्गीकरण की एक प्रणाली स्थापित की, जिसके सम्बन्ध में उनका कहना था कि इस प्रणाली में संसार की सभी मिट्टियों का समावेश हो सकता है। मार्बट की प्रणाली प्रधानतः दो प्रकार की मिट्टियों को बतलाती है।

(१) पेडोकाल्स (Pedocals) और (२) पेडालफर्स (Pedalfers)। पेडोकाल्स उन मिट्टियों को कहा जा सकता है जो शुष्क जलवायु में बनती हैं और जिनके पार्श्व चित्र (Profile) में कैलसियम कार्बनेट का संस्तर (Horizon) उपस्थित है, अर्थात् जिनके नीचे कैलसियम कार्बनेट अधिक पाया जाता है। पेडालफर्स उन मिट्टियों को कहते हैं जो आर्द्र जलवायु में होती हैं और जिनके नीचे की मिट्टी में कैलसियम कार्बनेट इकट्ठा नहीं रहता। किन्तु नीचे की मिट्टी में लौह और एलमुनियम ऑक्साइड अधिक जमा हो जाता है। आगे चलकर इस विभाजन का पुनः विभाजन किया गया। पेडोकाल्स को दो भागों में बाँटा गया। एक वह जो शीत प्रदेश में पाया जाता है और दूसरा वह जो शुष्क प्रदेश में पाया जाता है और पेडालफर्स (Pedalfers) को दो भागों में बाँटा गया। (१) पौडसौल (Podsol) मिट्टी (२) लैटराइट मिट्टी।

इससे यह पता चलता है कि यह विभाजन तापमान पर निर्भर है। मार्बट ने आगे चलकर और भी सूक्ष्म वर्गीकरण किया जिनका वर्णन नीचे दिया जाता है।

१. तून्द्रा—अत्यन्त शीत प्रदेश की मिट्टी,

२. पौडसौल,

३. भूरी मिट्टी,

४. लाल मिट्टी,

५. पीली मिट्टी,

६. प्रेरी मिट्टी (Prairie Soil)—जो यूरोप में होती है। इस पर केवल घास जमती है और यह वृक्ष-विहीन होती है।

७. लैटराइट,

८. लौह लैटराइट (Ferruginous Laterites)

यह ऊपर का विभाजन पेडालफर्स (Pedalfers) में आता है, अब नीचे का विभाजन पेडोकाल्स (Pedocal) में आता है।

१. उत्तरीय शीत पेडोकाल्स,

२. मध्य अक्ष रेखा का पेडोकाल्स,

३. दक्षिणीय शीत प्रदेश का पेडोकाल्स,

४. उष्ण प्रदेश का पेडोकाल्स।

आगे चलकर इस वर्गीकरण में वर्षा का समावेश किया गया तथा पूर्ण परिपक्व मिट्टी (Mature Soil) और अपरिपक्व या अपूर्ण मिट्टी (Immature Soil)

को भी ध्यान में रखा गया। मार्बट का वर्गीकरण नीचे की सारणी संख्या ६३ में दिया गया है।

सारणी संख्या ६३

मार्बट के अनुसार मिट्टी का वर्गीकरण

प्रथम प्रकरण	द्वितीय प्रकरण	तृतीय प्रकरण	चतुर्थ प्रकरण	पञ्चम प्रकरण	षष्ठ प्रकरण	सप्तम प्रकरण
पेडोकाल	शीतप्रदेश का पेडोकाल	उत्तरी शीत प्रदेश मध्य शीत प्रदेश दक्षिणी शीत प्रदेश	शेरनोजेम, चेस्टनट मिट्टी, भूरी मिट्टी, धूमिल(Grey मिट्टी	चौथे प्रकरण की मिट्टियों का विभाजन परिपक्वता के अनुसार	पंचम प्रकरण की मिट्टियों का विभाजन उत्पादित चट्टानों के अनुसार	षष्ठ प्रकरण की मिट्टियों का विभा-जन ऊपरी तल के मिट्टी के विन्यास के अनुसार
	उष्ण प्रदेश का पेडोकाल					
पेडालफर	पौड सोल मिट्टी	तून्द्रा पौडसौल भूरी जंगल की मिट्टी पेरारीमिट्टी पीली मिट्टी लाल मिट्टी लैटराइट लौह लैटराइट				

सिगमौन्ड (Sigmond) ने मिट्टियों के विभाजन की एक नयी प्रणाली स्थापित की है। इनके मतानुसार मिट्टियों का वर्गीकरण तीन भागों में हो सकता है।

१—कार्बनिक मिट्टी।

२—खनिज मिट्टी जो कार्बनिक द्रव्यों की सहायता से बनी है।

३—खनिज मिट्टी।

इस वर्गीकरण में तीन बातों का ध्यान रखा गया है।

१—परिपक्वता (Maturity), २—धन आयन का कलिल पर शोषण, ३—परिच्यवन (Leaching)।

रौबिनसन (Robinson) ने परिच्यवन के आधार पर मिट्टी का वर्गीकरण निम्न लिखित ढंग से किया—

- (१) पूर्ण परिच्यावित मिट्टी (Complete leached,) पेडालफर (Pedalfer)
  - अम्ल ह्यूमस की उपस्थिति में
    - ह्यूमस पौडसोल, लौह पौडसौल
  - अम्ल ह्यूमसकी अनुपस्थिति में
    - शीत प्रदेश
      - भूरी मिट्टी
      - शेरनोजेम,
      - प्रेरी (Prairie)
    - उष्ण प्रदेश
      - लाल मिट्टी
      - लैटराइट
- (२) अपूर्ण परिच्यावित मिट्टी (Incomplete leached) पेडोकाल (Pedocal)
  - शेरनोजेम
  - चेस्टनट
  - भूरी रेगिस्तानी मिट्टी,
  - धूमिल (Grey) रेगिस्तानी मिट्टी,
- (३) अपरिच्यावित मिट्टी (Unleached Soil) Hydro-morphous Soil
  - विलयनशील लवण की अनुपस्थिति में
    - शीत ध्रुवीय—तून्द्रा (Tundra)
    - शीत प्रदेश
      - १. मीडो (Meadow) मिट्टी Soil,
      - २. पौडसौल
      - ३. पीट (Peat)
    - उष्ण प्रदेश—वीलेई (Vlei)
  - लवण की अनुपस्थिति में
    - सेलाइन (Saline)
    - अल्कालाइन (Alkaline)
    - सोलोटी (Soloti)

४—पृथ्वी की मिट्टियों के विशेष लक्षण

इस प्रकरण में कुछ ऐसी मिट्टियों के लक्षण दिखलाये गये हैं जो प्रमुख हैं और पृथ्वी के ऊपर जलवायु के अनुसार उत्पन्न हुई हैं। प्रथम हम आर्द्रता की अवस्था में उत्पन्न होनेवाली मिट्टियों का वर्णन करेंगे।

पौडसौल (Podsol,)—इस प्रकार की मिट्टियाँ रूस और उत्तरी यूरोप में होती हैं। उत्तरी ध्रुव के निकटवर्ती जो पौडसौल (Podsol) मिट्टी है, वह आर्द्र प्रदेश में पायी जाती है। उत्तरीय और पश्चिमीय यूरोप में ये मिट्टियाँ बहुत दूर तक फैली हुई हैं। ये प्रायः उष्ण प्रदेश के जंगलों में पायी जाती हैं जहाँ वृक्ष तथा छोटे-छोटे पौधे बहुत हुआ करते हैं। पौडसौल (Podsol) के पार्श्व-चित्र (Profile) को देखने से पता चलता है कि इसमें तीन प्रकार के संस्तर (Horizon) हैं। एक 'क' संस्तर जो ऊपरी संस्तर है और जिसमें अनेक कार्बनिक द्रव्य इकट्ठा होकर सड़ते हैं तथा जल द्वारा इनका ह्यूमस और लौह-ऑक्साइड परिच्यावित होता है। इसको हम 'परिच्यावित संस्तर' कह सकते हैं।

इसके नीचे 'ख' संस्तर है, जिसमें परिच्यवन द्वारा ह्यूमस लौह और एल्युमिनियम ऑक्साइड जमा होते हैं। यह जमा होने की क्रिया तथा इनकी मात्रा मिट्टी में परिच्यावित होनेवाले जल और ऊपरी संस्तर में स्थित इनकी मात्रा पर निर्भर है। किसी-किसी अवस्था में ह्यूमस का परिच्यवन नहीं होता। इस प्रकार की मिट्टी को 'लौह पौडसौल' कहते हैं।

तीसरा संस्तर 'ग' है जो वह मिट्टी तथा चट्टान है जिसके द्वारा ऊपर की मिट्टियाँ बनी हैं। 'ग' संस्तर में ह्यूमस तथा लौह के जमा होने से यह अत्यन्त कठिन हो जाता है और ऐसी अवस्था में इस संस्तर में जल का परिच्यवन नहीं होता।

इस प्रकार की मिट्टी का सबसे प्रधान गुण यही है कि इसमें जल परिच्यावित होता है और वर्षा की अधिकता तथा वाष्पीकरण की कमी होने से यह मिट्टी बनती है, इस प्रकार की मिट्टियाँ क्वार्टज (Quartz) के ऊपर उत्पन्न होती हैं, जिनमें विनिमय योग्य भस्म तथा भास्मिक पदार्थ (Basic) कम होते हैं। खाद्य पदार्थ की कमी रहती है और कनीफर्स (conifers, एक प्रकार के वृक्ष जो तिकोने होते हैं) और हीथ (Heath, जो छोटे-छोटे झुरमुट पौधे होते हैं) उपजते हैं। भास्मिक पदार्थों की कमी होने से कार्बनिक द्रव्यों का विच्छेदन (Decomposition) अम्लता की उत्पत्ति करता है और आम्लिक ह्यूमस बनता है। यही कारण है कि इन मिट्टियों में कृमि इत्यादि बिलकुल ही नहीं रहते। जल के परिच्यवन द्वारा ऊपर के संस्तर से अम्ल द्रव्य नीचे की ओर जाकर जमा होते हैं।

विभिन्न संस्तरों की मिट्टियों का विश्लेषण तथा उनका वर्णन आगे की सारणी सं० ६४ में दिया जाता है।

'क' स्तर— { ०–६"–पत्तों का सड़ना।
६"–९"–भूरा-काला-ह्यूमस परिच्यावित।
९"–१९"–भूरा रंग लौह रहित परिच्यावित।

'ख' स्तर— { १९"–२३"–ह्यूमस का एकत्रित स्तर ठोस।
२३"–३५"–ठोस-पीली मिट्टी, लौह ऑक्साइड का एकत्रित स्तर।

'ग' स्तर— { ३५" के नीचे—पत्थर के टुकड़े और मोटी बालू।

सारणी संख्या ६४

पौडसौल (Podsol) पार्श्व के विभिन्न स्तर की मिट्टियों की जाँच।

स्तर	(clay) चिकनी मिट्टी %	कार्बनिक द्रव्य %	pH अम्लता	चिकनी मिट्टी (clay) का विश्लेषण		
				$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{R_2O_3}$	$\frac{Hl_2O_3}{Fe_2O_3}$
क— ६"–९"	२.७	१४.८८	३.७०	३.१३	२.५५	४.४३
क— ९"–१९"	१.३		३.१३	२.८१	२.६६	१८.००
ख— १९"–२३"	८.८	७.१४	३.७३	१.७९	१.६६	१३.०३
ख— २३"–३५"	२.२	०.४०	३.७५	१.५१	१.१९	३.८०
ग— ३४" के नीचे	३.३	०.०४	४.७५	२.२९	१.९४	५.५४

ऊपर के आँकड़ों से पता चलता है कि चिकनी मिट्टी का बहाव और परिच्यवन नीचे के स्तर की ओर हुआ है और यह 'ख' स्तर में जमा हुआ है। पौडसौल (Podsol) भस्ममृदा की यह एक प्रमुख पहचान है। 'क' संस्तर की चिकनी मिट्टी में सिलिका का अधिक होना और 'ख' स्तर की चिकनी मिट्टी में लौह ऑक्साइड का अधिक होना भी पौडसौल (Podsol) का एक लक्षण है जो ऊपर के आँकड़े से प्रकट होता है।

पौडसौल (Podsol) के सभी संस्तरों में अम्लता रहती है और यह नीचे की मिट्टियों में बदल जाती है।

इस प्रकार की मिट्टी के दो पार्श्व चित्र सं० ७१ में दिये जाते हैं।

भूरी मिट्टी (Brown Soil)—इस जलवायु में भूरी मिट्टी भी उत्पन्न होती हैं—जिसको जंगली भूरी मिट्टी कहते हैं। पृथ्वी के बहुत से भागों में भूरी मिट्टी उत्पन्न होती है। नीचे उसके कुछ लक्षण दिये जाते हैं।

१—इस प्रकार की मिट्टियों में कार्बोनेट पूर्णतया परिच्यावित होते हैं। कार्बोनेट 'ग' स्तर में पाये जाते हैं। जल परिच्यवन बिना रुकावट के होता है।

२—कलिल पूर्णतया भस्म असंतृप्त (Base unsaturated) नहीं होता।

३—ह्यूमस ऊपरी स्तर में भली भाँति वितरित रहता है और ह्यूमस की अम्लता अधिक नहीं रहती।

४—चिकनी मिट्टी में सिलिका, तथा लौह और एल्यूमिनियम का अनुपात २ के बराबर होता है। यह अनुपात लैटराइट और शेरनोजेम (Tshernosem) के मध्य में है।

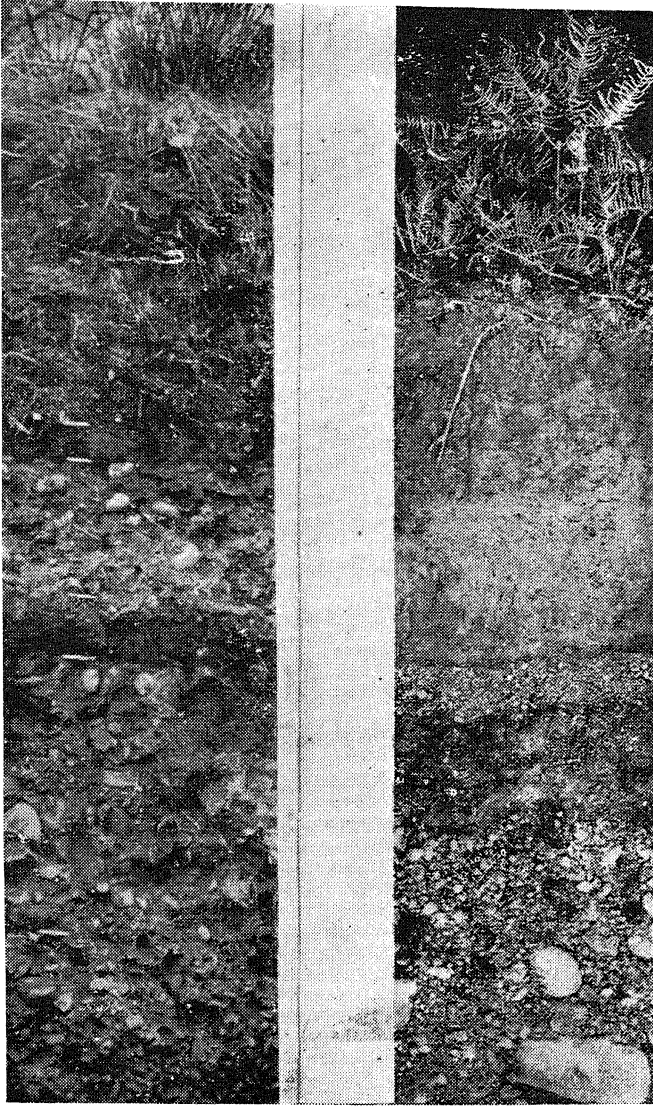
५—ऊपरी स्तर में लौह ऑक्साइड तथा जलयोजित लौह ऑक्साइड (Hydrated Ferric oxide) अधिक रहता है और यही कारण है कि इसका रंग भूरा तथा लाल हो जाता है।

६—ऊपर से नीचे तक जितने भी स्तर हैं उन सभी में सिलिका तथा लौह और एल्यूमिनियम ऑक्साइड का अनुपात प्रायः समान रहता है।

७—मिट्टी की रचना कणात्मक होती है।

८—इस भूमि पर जितने भी पेड़ होते हैं सभी पतझड़वाले अर्थात् पर्णपाती हैं।

जैसा पौडसौल में कार्बोनेट का परिच्यवन होता है, यहाँ भी ऐसा ही होता है और जैसे पौडसौल में लौह जमा होकर भूरा रंग उत्पन्न करता है वैसे ही यहाँ ख स्तर में भी भूरा रंग उत्पन्न करता है। पौडसौल और इस मिट्टी में यही अन्तर है कि इस मिट्टी में भस्म संतृप्ति अधिक होती है। इसका कारण जलवायु है तथा 'ग' स्तर की मिट्टी है। सम्भव है कि अधिक वर्षा न होने के कारण पूर्ण परिच्यवन न होने से भस्म की असंतृप्ति अधिक नहीं है तथा यह भी हो सकता है कि 'ग' स्तर में भस्म अधिक हों और इस कारण से भस्म संतृप्ति में बाधा नहीं पहुँच सकती।

अब शुष्क जलवायु में जो मिट्टियाँ पायी जाती हैं, उनका वर्णन किया जा रहा है। ऐसी मिट्टियों को मार्बट (Marbut) ने पेडोकाल (Padocal) कहा है। ये मिट्टियाँ अपूर्ण परिच्यवन द्वारा उत्पन्न होती हैं।

चित्र ७१—भस्ममृदा के दो पार्श्व चित्र (पृ० ३२२)

१५०–३५० सेंटीमीटर ...... हल्की रंग की मिट्टी, कंकड़ के साथ, कैलसियम कार्बोनेट का एकत्र होना।

सभी संस्तरों में कणाकार समान ही हैं। ह्यूमस की मात्रा ऊपर के संस्तर में ४.८३ प्रतिशत है और नीचे के संस्तर में सौ सेंटीमीटर पर ३.६७ प्रतिशत है।

भारतवर्ष में इस प्रकार की मिट्टियाँ दक्षिण में पायी जाती हैं, जिनका नाम (Black cotton soil) है। इनमें कलिल की मात्रा अधिक होती है और नीचे के संस्तर में कंकड़ और कैलसियम कार्बोनेट एकत्रित रहते हैं। अफ्रीका में भी इसी प्रकार की काले रंग की मिट्टियाँ पायी जाती हैं। शेरनोजेम (Tshernosem) के वर्ग की मिट्टियों से मिलती-जुलती चेस्टनट (Chestnut) रंग की मिट्टियाँ रूस में भी होती हैं। इनमें शेरनोजेम मिट्टियों की अपेक्षा कार्बनिक द्रव्य कम रहते हैं और कैलसियम कार्बोनेट मिट्टी की सतह से कम दूरी पर रहता है। इससे यह पता चलता है कि ये मिट्टियाँ अधिक शुष्क जलवायु में उत्पन्न हुई हैं। इससे भी अधिक शुष्क जलवायु में भूरे रंग की मिट्टियाँ पायी जाती हैं जो रेगिस्तान में भी उत्पन्न हो सकती हैं।

(३) अब हम उन मिट्टियों का वर्णन करते हैं जो अधिक जल एकत्र होने से बनती हैं। इस प्रकार की मिट्टियाँ उत्तरी यूरोप, एशिया तथा कनाडा में पायी जाती हैं। अत्यन्त शीत की अवस्था में इस प्रकार की मिट्टियों को तुन्द्रा मिट्टी (Tundra Soil) के नाम से सम्बोधित करते हैं। उष्ण जलवायु में ऐसी अवस्था में बनी हुई मिट्टियाँ पौडसौल (Podsol) के समान होती हैं। इन मिट्टियों में लौह हाइड्रोक्साइड के पीले तथा भूरे रंग के छोटे-छोटे चिह्न नीचे के स्तर में पाये जाते हैं। कुछ मैंगनीज तथा कैलसियम कार्बोनेट भी एकत्र होते हैं।

पीट (Peat) और प्रेयरी (Prairie) नामक मिट्टियों का वर्गीकरण भी जो कनाडा और अमेरिका में पायी जाती हैं, इसी प्रकार की मिट्टियों में आ जाता है।

(४) अब अत्यन्त शुष्क जलवायु में बनी हुई ऊसर तथा क्षारीय मिट्टियों का वर्णन किया जाता है। इस प्रकार की मिट्टियों को तीन भागों में विभाजित किया गया है। अमेरिका और रूस में इनको ह्वाइट एलकली (White Alkali) तथा सोलोनसाक (Solonchaks) नाम दिया गया है। इनमें सोडियम का लवण अधिक है। प्रधानतः सोडियम क्लोराइड और सोडियम सल्फेट रहता है। शुष्क अवस्था में मिट्टी के ऊपर उजले रंग के लवण जमा हो जाते हैं। वर्षा होने पर ये लवण विलयित होकर नीचे के स्तर में तथा नीचे के प्रवाहित जल में चले जाते हैं। नीचे की सारणी

सं० ६५ में इन मिट्टियों के रासायनिक गुण दिये गये हैं। सारणी में जो आँकड़े प्रदर्शित किये गये हैं वे इन मिट्टियों के ऊपर एकत्र लवण के विश्लेषण द्वारा प्राप्त हैं।

सारणी संख्या ६५

गहराई	०–१० सेंटीमीटर	१०-२५ सेंटीमीटर	२५-३५ सेंटीमीटर
प्रतिशत जल में विलयनशील लवण	२.४५	०.२०	०.२२
SiO_2.	०.२९	—	१२.२६
Al_2O_3.	१०.७७	७.३२	३.६६
Fe_2O_3.	०.३१	—	—
CaO,	२३.७७	१३.२४	१२.४४
MgO.	१.६५	६.९२	१०.८९
K_2O.	०.४१	—	१.४६
Na_2O.	४.१६	१६.४२	७.३२
SO_3	५६.७८	४८.८४	४८.७६
Cl.	०.८५	७.१२	३.२०
Total पूर्ण संख्या	९९.९९	९८.८६	९९.९९

इन मिट्टियों की रूपरेखा सतह के नीचे जल-प्रवाह की दूरी पर निर्भर है। ऊपर के आँकड़ों से पता चलता है कि सोडियम की मात्रा तथा कैलसियम और एल्यूमिनियम की मात्रा इन मिट्टियों में अत्यन्त अधिक है।

इन मिट्टियों का प्रधान लक्षण यह है कि इनमें विलयनशील लवण तथा विनिमय योग्य सोडियम अथवा दोनों ही अत्यन्त अधिक मात्रा में रहते हैं। कृषि के लिए इन मिट्टियों को हम एक समस्या कह सकते हैं क्योंकि इनमें लवण के आधिक्य से अथवा

विनिमय योग्य सोडियम अधिक होने के कारण जड़ों की वृद्धि तथा उनके द्वारा प्राप्य खाद्य पदार्थ लेने की शक्ति कम हो जाती है। जिन मिट्टियों में लवण अधिक होता है उनको 'सेलाइन' (Saline) मिट्टी कहते हैं। जिस मिट्टी में विनिमय योग्य सोडियम अधिक रहता है, उसे 'क्षारीय मिट्टी' (Alkali soil) कहते हैं। इस परिभाषा के अनुसार क्षारीय मिट्टी में विलयनशील लवण रह भी सकते हैं और नहीं भी रह सकते हैं। उन मिट्टियों को जिनमें लवण भी अधिक है और विनिमय योग्य सोडियम भी यथेष्ट मात्रा में है, कृषि के योग्य बनाना अत्यन्त कठिन है। ऐसी मिट्टियों को 'लवण युक्त क्षारीय मिट्टी' (Saline Alkali soil) कहते हैं। लवण की मात्रा ०.१ प्रतिशत से अधिक होने से पौधों की वृद्धि में कठिनाई होती है। विनिमय योग्य सोडियम १५ प्रतिशत से अधिक होने से पौधों को हानि पहुँचती है। कहीं-कहीं २ से ३ मिली० इक्वीवेलेन्ट विनिमय योग्य सोडियम प्रति सौ ग्राम मिट्टी में हानिकारक सिद्ध हुआ है। विनिमय योग्य पोटाशियम इन मिट्टियों में विनिमय योग्य सोडियम की अपेक्षा अधिक होने से पौधों के लिए लाभदायक सिद्ध हुआ है। इन मिट्टियों के ज्ञान के लिए और इनमें लवण की मात्रा जानने के लिए विद्युत चालकता का उपयोग किया गया है।

लवण युक्त मिट्टी (Saline Soils)—लवण युक्त मिट्टियों में विनिमय योग्य सोडियम १५ से कम होना चाहिए तथा इसका pH ८.५ से कम होना चाहिए और इसकी विद्युत चालकता ४ मेगोम्स/सेंटीमीटर (4 mm hos/cm) २५° से० तापमान पर होना चाहिए। इन मिट्टियों को हिलगार्ड (Hillguard) (१९०६) ने 'ह्वाइट एल्कली' के नाम से सम्बोधित किया है। रूस में इन मिट्टियों को सोलोनसाक (solonchaks) कहते हैं। जब जल का परिच्यवन मिट्टी में अधिक होता है तब ये लवण नीचे के स्तर में चले जाते हैं और ऊपर की मिट्टी साधारण हो जाती है। इन मिट्टियों में विलयनशील लवण के रहने से मिट्टी के जल में रसाकर्षण दाब (osmatic pressure) में अन्तर पड़ जाता है। धन आयनों में सोडियम, मैगनीशियम, पोटाशियम और कैलसियम अधिक रहता। सोडियम की मात्रा विलयनशील धन-आयनों के आधे से भी कम रहती है। विलयनशील पोटाशियम और विनिमय युक्त पोटाशियम अधिक नहीं रहता। ऋण आयनों (Anions) में क्लोराइड सल्फेट और नाइट्रेट अधिक रहता है। कुछ बाई-कार्बोनेट्स भी रह सकता है। किन्तु विनिमयशील कार्बोनेट्स नहीं रहता। कैलशियम सल्फेट और मैगनीसियम सल्फेट भी रह सकते हैं। इन मिट्टियों में जल-

परिच्यवनकी मात्रा अधिक रहती है क्योंकि विनिमय योग्य सोडियम इन मिट्टियों में कम रहता है और इस कारण इन मिट्टियों के कलिल लोष्ठित (Flocculated) रहते हैं।

लवण क्षारीय मिट्टी (Saline Alkali Soils)—इन मिट्टियों की विद्युत चालकता २५°c पर ४ मेगोम्स सेंटीमीटर (4 mm hos/cm.) से अधिक रहती है। pH ८.५ से कम रहता है और विनिमय योग्य सोडियम प्रतिशत १५ से कम रहता है। इन मिट्टियों का निर्माण क्षारीयता तथा कलिल (colloid) पर सोडियम की शोषण मात्रा—दोनों ही क्रियाओं से होती है। जब तक इन मिट्टियों में लवण अधिक रहते हैं, तब तक ये लवणयुक्त मिट्टी के जैसा बाह्य रूप प्रदर्शित करते हैं। जब लवण अधिक रहते हैं तो pH ८.५ से अधिक नहीं जाता। जब लवण परिच्यावित हो जाते हैं तब इन मिट्टियों का रासायनिक और भौतिक गुण क्षारीय मिट्टी जैसा हो जाता है। जैसे-जैसे लवण कम होता जाता है, कलिल से सोडियम बहिष्कृत होकर सोडियम हाइड्रोक्साइड बनाता है और यह पीछे चलकर कार्बन-डाई-ऑक्साइड द्वारा सोडियम कार्बोनेट में परिवर्त्तित हो जाता है। इसलिए लवण के न रहने पर मिट्टियों का pH ८.५ से अधिक हो जाता है। मिट्टी के कण विक्षेपित (Disperse) हो जाते हैं। इन मिट्टियों में कभी-कभी कैलसियम सल्फेट भी रहता है और यह सोडियम कार्बोनेट के साथ प्रतिक्रिया करके कैलसियम कार्बोनेट बनाता है।

क्षारीय मिट्टी—इन मिट्टियों में विनिमय योग्य सोडियम प्रतिशत १५ से अधिक रहता है और विद्युत चालकता २५° **डिगरी सेंटीग्रेड पर** 4 मेगोम्स सेंटीमीटर (4 mm hos/cm) से कम रहती है। pH ८.५ **से** १० तक रहता है। इनको ब्लैक एल्कली (Black-Alkali) कहते हैं। जब कि रूस में 'सोलोनेज' (Solonetz) कहते हैं। ये शुष्क प्रदेश में पायी जाती हैं। ये लवण क्षारीय मिट्टी से परिच्यवन द्वारा बनती हैं। इन मिट्टियों का बाह्य रूप भिन्न होता है। सोडियम के परिच्यवन के कारण नीचे के स्तर में मिट्टी के कण एकत्रित होकर एक ऐसी संरचना कर लेते हैं कि उसके कारण जल का परिच्यवन नहीं होता और पौधों को पोषक द्रव्य नहीं मिलता। अधिकतर इस प्रकार की मिट्टियाँ लवण-युक्त सिंचाई के जल के व्यवहार द्वारा बनती हैं। कलिल के सोडियम जब बहिष्कृत होते हैं तब इन मिट्टियों का पी एच १० तक जा सकता है। इन मिट्टियों में क्लोराइड, सल्फेट और बाइ-कार्बोनेट रहा करते हैं और ये कैलसियम और मैगनीशियम को अवक्षेपित (Precipitate) करते हैं। यही

सिन्ध-गंगा की कछार मिट्टी—

चूना	**१.० प्रतिशत ।**
पोटाश	**.६५०.७ प्रतिशत ।**
मैगनीशियम	**१.३० प्रतिशत ।**

सिन्ध-गंगा की कछार मिट्टी में चूनेदार मिट्टी भी पायी जाती है। यह चूनेदार मिट्टी चूने के भिन्न-भिन्न पदार्थों के संगठन से कंकड़ बनाती है। यह मिट्टी अधिकतर सतह से कुछ फुट गहराई में पायी जाती है और कहीं-कहीं तो कठोर तह बनाती है, जिससे जल का स्राव नहीं हो पाता।

भारतवर्ष में सिंध-गंगा और इनकी सहायक नदियों के मैदान का विस्तार अमृतसर तक है। यह मैदान जलवायु और वर्षा के आधार पर चार भागों में विभाजित किया जा सकता है।

१—अमृतसर से दिल्ली तक, जहाँ वर्षा **१५ से २५ इंच** तक होती है।

२—दिल्ली से उत्तर प्रदेश की पूर्वी सीमा तक जहाँ वर्षा **२५ से ४० इंच** तक होती है।

३—उत्तर प्रदेश की पूर्वी सीमा से पूर्वी विहार तक जहाँ वर्षा **४० से ५० इंच** तक होती है।

४—पूर्वी बिहार से बंगाल तक जहाँ वर्षा **५० इंच व इससे अधिक** होती है।

१—अमृतसर से दिल्ली तक का भाग—पंजाब प्रान्त में दोमट व रेतीली दोमट मिट्टी पायी जाती है तथा कहीं-कहीं मटियार और कंकड़ भी पाये जाते हैं। इस भाग की कछार मिट्टी के रासायनिक गुण इस प्रकार हैं —

(क) इसमें नाइट्रोजन का स्थिरण (Fixation of Nitrogen) शीघ्रता से होता है।

(ख) नाइट्रोजन की मात्रा ०.०२५ से ०.१०० प्रतिशत होती है।

(ग) पोटाश प्रायः ०.७२ प्रतिशत होता है।

(घ) फासफोरस ०.१ से ०.३ प्रतिशत तक होता है।

(च) चूने की मात्रा हिमालय से आगे दक्षिणी-पश्चिमी भाग तक बढ़ती जाती है।

(छ) जीवांश की मात्रा इस मिट्टी में कम ही होती है। साधारणतः यह २ से ४ प्रतिशत मात्रा में पाया जाता है।

२—दिल्ली से उत्तर प्रदेश की पूर्वी सीमा तक—यह भाग ५३,७७६ वर्गमील में फैला हुआ है।

३—उत्तर प्रदेश की पूर्वी सीमा से पूर्वी बिहार तक—कछार मिट्टी का अधिक भाग गंगा के उत्तर में जहाँ की भूमि हिमालय से दक्षिण में ढालू होने के कारण ऊँची होती गयी है, पाया जाता है। गंगा में निरन्तर बाढ़ आने से यह ऊँची भूमि प्रतिवर्ष नवीन बनती रहती है। इस मिट्टी में चूना और पोटाश पर्याप्त मात्रा में सामान्य रूप में होता है। लेकिन फासफोरस, नाइट्रोजन और जीवांश की मात्रा कुछ कम रहती है।

४—पूर्वी बिहार से बंगाल तक—इस भाग में ब्रह्मपुत्र, गंगा से मिलती है, अतएव इन दोनों बड़ी नदियों द्वारा लायी गयी मिट्टी से इसकी रचना हुई है। वर्षा यहाँ अधिक होती है और नदियों का प्रवाह मन्द रहता है। इस कारण जलवायु का प्रभाव इसकी रचना पर अधिक पड़ता है। इन नदियों के किनारे के नजदीक, परिष्कृत सिल्ट और कुछ दूरी पर मटियार पायी जाती है। बंगाल में प्राचीन और नयी दोनों किस्म की कछार मिट्टी पायी जाती है। आसाम प्रदेश के नजदीक ब्रह्मपुत्र की घाटी की मिट्टी हल्कीदोमट और रेतीली होती है और सुरमा की घाटी में मटियार मिट्टी और सिल्ट मिलती है। डेल्टा के भाग में लोदूँ मिट्टी का अंश भी मिलता है। इस भाग की मिट्टी परतदार होती है।

२—**काली मिट्टी**—बहुत प्राचीन काल में दक्षिणी पठार ज्वालामुखी के उद्गार से बना था। इसकी अधिकांश चट्टानें ज्वालामुखी के लावा से बनी हैं। काली मिट्टी की उत्पत्ति इन्हीं चट्टानों से हुई है। पहाड़ों की तराइयों में गहरे काले रंग की मटियार मिट्टी पायी जाती है जो काली मिट्टी कहलाती है। ऊपरी भागों के परिच्यावित पदार्थों के नीचे की ओर घुल जाने से इस मिट्टी की रचना हुई है। काली मिट्टी पहाड़ियों की घाटियों व नीची जगहों एवं दक्षिणी पठार के ऊँचे-ऊँचे ढालुआँ भागों में पायी जाती है। इसकी गहराई स्थान-स्थान पर भिन्न है। नर्मदा, ताप्ती और गोदावरी की घाटी में कहीं-कहीं यह भारी काली मिट्टी बीस फुट की गहराई तक भी पायी जाती है। वर्षा के बाद इस मिट्टी की जोताई करने में बड़ी कठिनाई का सामना करना पड़ता है, इसलिए ऐसे स्थानों में रबी की फसल—गेहूँ, खेसारी, चना आदि सुगमतापूर्वक पैदा की जा सकती है। काली मिट्टी जिसमें केवल कपास, ज्वार ही पैदा होते हैं, तीन-चार फुट ही गहरी होती है तथा इसमें चूने के पत्थर के अवशेष भाग भी पाये जाते हैं। काली मिट्टी का रंग, उर्वरा शक्ति एवं दृढ़ता भिन्न-भिन्न होती है, लेकिन प्रत्येक स्थान की काली मिट्टी में जल-धारण करने की शक्ति अधिक रहती है। गर्मी के मौसम में वाष्पीकरण अधिक होने के कारण इसमें संकोचन होता है और दरारें पड़ जाती हैं।

ये दरारें कभी-कभी कई फुट गहरी होती हैं। इस विशेषता के कारण यह कहा जा सकता है कि काली मिट्टी की जुताई अपने आप हो जाती है। गहरी काली मिट्टी में सिंचाई अति कठिनता से होती है। गर्भतल की मिट्टी की गहराई २०-३० फुट तक होती है। मिश्रित काली मिट्टी में स्राव आसानी से होता है और कुएँ के पानी की सहायता से भिन्न-भिन्न प्रकार के फलों और सब्जी की खेती हो सकती है। दक्षिणी पठार के अतिरिक्त सूरत और भड़ौंच जिलों के अधिकांश भाग में भी यह काली कपास की मिट्टी पायी जाती है। इस मिट्टी में घुलनशील सिलीकेट, लोहा, एल्यूमिनियम, और मैगनीशियम की मात्रा अधिकतर स्थायी होती है। चूना बहुधा कार्बोनेट और सिलीकेट के रूप में पाया जाता है। मैगनीशियम का अनुपात अधिक होता है। पोटाश पर्याप्त मात्रा में पाया जाता है, लेकिन जीवांश, नाइट्रोजन और फासफोरस की मात्रा कम रहती है।

३—**लाल मिट्टी**—लाल मिट्टी अधिकतर मैसूर, मद्रास तथा बम्बई प्रदेश के दक्षिणी भाग में पायी जाती है। इसके अलावा उड़ीसा, छोटा नागपुर, मध्यप्रदेश व हैदराबाद का काफी भाग लाल मिट्टी के द्वारा बना है। शुष्क भाग में ऊँची जगह पर यह कम गहरी, पथरीली और हलके रंग की होती है। निचले भाग में कहीं-कहीं मटियार के रूप में मिलती है। परन्तु समतल भूमि में भूरे या लाल रंग की मटियार मिट्टी पायी जाती है। इन मिट्टियों की उर्वरा शक्ति भी भिन्न-भिन्न होती है। निचले स्थान की मिट्टी में अच्छी वर्षा होने पर अच्छी फसल पैदा की जा सकती है। समतल भूमि में सिंचाई के सहारे अच्छी फसल पैदा हो सकती है। दक्षिणी भारत में ऐसी मिट्टी में धान की फसल खूब होती है। बम्बई प्रदेश में दक्षिणी भाग की मिट्टी में लेटराइट मिट्टी का भी मिश्रण पाया जाता है और यह उपजाऊ भी होती है। निचले स्थानों में धान और अन्य स्थानों में फलवाले वृक्ष होते हैं।

४—**लैटेराइट मिट्टी**—लैटेराइट मिट्टी उष्ण कटिबन्ध के प्रदेशों में जहाँ वर्षा अधिक हो, पायी जाती है। इस मिट्टी का रंग लाल होता है, जिसकी वजह लौह और एलुमिना ऑक्साइड है। इसमें पौधों के भोज्य पदार्थ की बड़ी कमी होती है। फिर भी यह हल्की एवं उपजाऊ मिट्टी है। यदि इसमें मटियार या अधिक मात्रा में जीवांश मिला दिया जाय तो यह अति उत्तम मिट्टी बन जाती है। यह भारतवर्ष के दक्षिणी पठार के समुद्री किनारे के निकट पायी जाती है।

५—**मरुभूमि की मिट्टी**—इस भाग में वर्षा कम होती है और जलवायु वर्ष भर शुष्क रहता है। वर्ष भर वर्षा की अपेक्षा बाष्पीकरण अधिक होता है। मिट्टी में

स्राव की अपेक्षा बाष्पीकरण की क्रिया अधिक होती है और इस प्रकार घुलनशील क्षार ऊपर आ जाता है। इसकी मात्रा अधिक हो जाने से भूमि ऊसर हो जाती है। इसमें राजपूताना, काठियावाड़, और उत्तर प्रदेश के पश्चिमी जिले जैसे मथुरा, आगरा आदि सम्मिलित हैं।

नीचे भारतवर्ष के विभिन्न प्रान्तों की मिट्टियों का वर्णन किया गया है। यह वर्णन श्री एस० पी० राय चौधरी के द्वारा लिखित लेख Soils of India & Soil Survey के आधार पर जो "Indian Farming" मार्च १९४६ में प्रकाशित हुआ है—दिया जा रहा है।

भारतवर्ष के प्रदेशों की मिट्टी का वर्गीकरण

क्रम सं० प्रदेशों का नाम	मिट्टी की किस्म	मिट्टी का स्थान
१—उत्तर प्रदेश	(क) काली मिट्टी	झाँसी जिले के दक्षिणी भाग में एक टुकड़ा पाया जाता है। तथा आगरा जिले के कुछ भाग में पाया जाता है।
	(ख) मिश्रित लाल और काली मिट्टी	इटावा, जालौन, हमीरपुर, बाँदा, झाँसी, इलाहाबाद, तथा आगरा जिले के कुछ भाग में।
	(ग) लाल बलुई मिट्टी	मिर्जापुर जिले का सम्पूर्ण क्षेत्र।
	(घ) कछार मिट्टी	बलिया, बनारस, गाजीपुर, जौनपुर, आजमगढ़, प्रतापगढ़, सुल्तानपुर, फैजाबाद, रायबरेली, फतेहपुर, कानपुर, उन्नाव, लखनऊ, फर्रुखाबाद, मैनपुरी, एटा, मथुरा, अलीगढ़, और बुलन्दशहर जिलों के सम्पूर्ण क्षेत्र में। बदायूँ, आगरा, इलाहाबाद, बहराइच, गोंडा तथा बस्ती जिले के कुछ भाग में।
	(च) चूनेदार मिट्टी	सहारनपुर, मुजफ्फरनगर, मेरठ, और बरेली के सम्पूर्ण क्षेत्र में। बिजनौर, बदायूँ, पीलीभीत, खेरी, बहराइच, गोंडा, बस्ती तथा गोरखपुर जिले के कुछ भाग में।
	(छ) तराई मिट्टी	नैनीताल, पीलीभीत, खीरी, बहराइच, गोंडा, बस्ती तथा गोरखपुर के भाग में।

(ज) जंगल तथा पहाड़ी मिट्टी—अल्मोड़ा और गढ़वाल का सम्पूर्ण क्षेत्र। नैनीताल और देहरादून के कुछ भाग में।

२—पंजाब (पूर्वी)

(क) पहाड़ी मिट्टी—सम्पूर्ण शिमला जिला, अधिकांश कांगड़ा जिला तथा गुरुदासपुर जिले के कुछ भाग में।

(ख) कछार मिट्टी—अमृतसर, फीरोजपुर, हिस्सार, गुड़गाँव, रोहतक, कर्नाल, अम्बाला, लुधियाना, तथा जालन्धर का सम्पूर्ण क्षेत्र। गुरुदासपुर, होसियारपुर तथा कांगड़ा जिले के कुछ भाग में।

३—उड़ीसा

(क) लाल बलुई मिट्टी—सम्भलपुर जिले का लगभग आधा भाग।

(ख) मिश्रित लाल तथा काली मिट्टी—सम्मलपुर जिले का लगभग आधा भाग।

(ग) लैटराइटिक मिट्टी—गंजाम के अधिकांश भाग तथा पुरी में एक टुकड़ा।

(घ) प्राचीन कछार मिट्टी—बालासोर, कटक तथा कोरापुट के सम्पूर्ण क्षेत्र में।
पुरी का अधिकांश तथा गंजाम जिले के कुछ भाग में।

४—मद्रास

(क) लाल बलुई मिट्टी—कोयम्बटूर, नीलगिरि, और मालावार के जिलों में छोटे-छोटे टुकड़े।

(ख) बलुई किनारे की कछार मिट्टी—दक्षिणी कनारा, मालावार, रामनाड, तंजोर, दक्षिणी आरकाट, चिंगलपट, नेलोर, कृष्णा और विजगापट्टम जिलों के समुद्री तट पर।

(ग) काली मिट्टी—बिलारी, कुर्नूल, तथा अनन्तपुर के कुछ भाग में। तिनेवली, मदुरा रामनाड, तंजोर, गुंटूर और नेलोर में, छोटे-छोटे टुकड़े।

(घ) लैटराइटिक मिट्टी—दक्षिणी कनारा के अधिकांश भाग में। मालाबार, विजगापट्टम, पूर्वी तथा पश्चिमी गोदावरी, दक्षिणी आरकाट, चित्तुर तथा उत्तरी आरकाट में टुकड़े मिलते हैं।

	(च)	लाल दोमट—साबू तथा उत्तरी आरकाट के सम्पूर्ण क्षेत्र में। रामनद, त्रिचनापल्ली और चित्तूर के अधिकांश भाग में। दक्षिणी कनारा, नेलोर, बेलारी और कुर्नूल जिलों के अतिरिक्त अन्य जिलों के कुछ भागों में।
५ मध्यप्रदेश और बरार	(क)	कँकरीली मिट्टी—मंडला, बिलासपुर, और बालाघाट के कुछ भाग में तथा चाँदा जिले के अधिकांश भागमें।
	(ख)	उथली मटियार दोमट—भंडारा, छिन्दवाड़ा, बैतूल और अमरावती के सम्पूर्ण क्षेत्र में। बालाधाट और वर्धा के कुछ भाग में।
	(ग)	लाल बलुई मिट्टी—द्रुग, रायपुर और बिलासपुर के सम्पूर्ण क्षेत्र तथा जबलपुर और मंडला जिलों में कुछ टुकड़े।
	(घ)	काली मिट्टी—यवतमाल, अकोला, बुल्ड़ाना, निमाड़, होशंगाबाद, और सागर जिलों के सम्पूर्ण क्षेत्र में। बर्धा और जबलपुर के कुछ भाग में।
६ बम्बई	(क)	मिश्रित लाल और कालींमिट्टी—धारवार जिले के एक भाग में।
	(ख)	प्राचीन कछार मिट्टी—खेड़ा तथा अहमदाबाद जिलों में कुछ टुकड़े।
	(ग)	लाल बलुई मिट्टी—भड़ौंच के जिले में एक छोटा टुकड़ा।
	(घ)	लैटराइटिक मिट्टी—रत्नगिरी तथा उत्तरी कनारा का कुछ भाग।
	(च)	समुद्री किनारे की रेतीली दोमट—जो जिले समुद्र तक फैले हुए हैं, उनका समुद्री किनारे का संकरा भाग।
	(छ)	पूर्वी तथा पश्मिी खानदेश, नासिक, अहमदनगर, पूना, शोलापुर, सतारा, बीजापूर और बेलगाँव के सम्पूर्ण क्षेत्र में। सूरत, थाना, कोलाबा, रत्नागिरी और धारवार जिलों के अधिकाँश भाग में। अहमदाबाद, खेड़ा पंचमहल, धारवार तथा उत्तरी कनारा जिले के कुछ भागों में।

७ बिहार

(क) मिश्रित लाल तथा काली मिट्टी–सिंहभूम और राँची के कुछ भाग में।

(ख) लाल दोमट–पालामऊ, संथालपरगना, हजारीबाग, और मानभूम के सम्पूर्ण भाग में।

(ग) जंगल तथा पहाड़ी मिट्टी–धनबाद, गया, मुंगेर, हजारीबाग और भागलपुर जिलों के मध्य में पूरब-पश्चिम लम्बी पट्टी है।

(घ) कछार और चूनेदार मिट्टी–सारन, चम्पारन, मुजफ्फरपुर, दरभंगा और पूर्णिया के उत्तरी जिले और भागलपुर के कुछ भागों में कछार तथा चूनेदार दोनों प्रकार की मिट्टी पायी जाती है। भागलपुर धनबाद, गया, मुँगेर और सम्पूर्ण पटना जिले में कछार मिट्टी पायी जाती है।

८ बंगाल (पश्चिमी)

(क) जंगल और पहाड़ी मिट्टी–दार्जीलिंग और जलपाईगुड़ी के भागों में।

(ख) खारी तथा डेल्टा की मिट्टी–मिदनापुर तथा चौबीस परगना जिलों के समुद्री किनारे के निकट यह मिट्टी मिलती है।

(ग) लैटराइटिक मिट्टी–मिदनापुर, बाँकुरा, बर्दबान, और बीरभूम जिलों के दक्षिणी-पश्चिमी भाग में इस मिट्टी की एक लम्बी पट्टी पायी जाती है।

(घ) कछार मिट्टी तथा

प्राचीन कछार मिट्टी–हुगली नदिया, मुर्शिदाबाद, माल्दा और जैसोर के सम्पूर्ण क्षेत्र में; चौबीस परगना, बीरभूम और जलपाईगुड़ी के अधिकांश भाग में; मिदनापुर, बाँकुरा और बर्दवान जिलों के कुछ भागों में यह मिट्टी पायी जाती है।

९ आसाम

(क) कछार तथा प्राचीन कछार मिट्टी–लखीमपुर, दरंग, कामरूप और ग्वालपाड़ा के समस्त भाग में तथा गारू

की पहाड़ियों और सिबसागर के कुछ भाग में यह मिट्टी पायी जाती है।

(ख) लैटराइटिक मिट्टी—कछार के एक भाग में इस मिट्टी का एक छोटा टुकड़ा पाया जाता है। खासी तथा जयन्तिया पहाड़ियों, सिबसागर तथा नवगाँव के कुछ भागों में बड़े-बड़े टुकड़े पाये जाते हैं।

(ग) लाल दोमट—लुशाई तथा नागा पहाड़ियों और मनीपुर के सम्पूर्ण क्षेत्र में। कछार, गारू, खासी, जयन्तिया की पहाड़ियों तथा सिबसागर के कुछ भागों में लाल दोमट पायी जाती है।

द्वितीय भाग

पहला परिच्छेद

भारत में रासायनिक खाद का विकास

भारत में कुल भूमि और उसमें से कृषि योग्य भूमि का आपस का अनुपात अन्य देशों की अपेक्षा कहीं अधिक ऊँचा है। लेकिन यहाँ अनाज की प्रति एकड़ पैदाबार सबसे कम है। उदाहरण के लिए गेहूँ को लिया जाय। संसार के जिन भागों में गेहूँ पैदा होता है, उनकी तुलना में भारत में इस अनाज की पैदावार की औसत सबसे कम है।

कम पैदावार का कारण

कृषि-गवेषणा और कृषि-शिक्षा का अध्ययन करने वाले भारतीयों तथा अमेरिकनों के एक सम्मिलित दल ने इस विचित्र दशा का रहस्य भारत की घिसी-पिटी कृषि-प्रणाली में निहित बताया है। उनके प्रतिवेदन में लिखा है कि भारतीय किसानों के पास जैसे औजार हैं, उन्हें जितनी बिजली उपलब्ध है और फसलों की बीमारियों, कीड़ों और बुरे मौसम से बचाव के लिए जो साधन उनके पास हैं, उन्हें देखते हुए यह कहना अनुपयुक्त न होगा कि वे आज भी अधिकतम उत्पादन कर रहे हैं।

सुधरी प्रणाली से अभिप्राय केवल अच्छे औंजारों से ही नहीं है, अपितु उसमें खेती करने के आधुनिक वैज्ञानिक ढंग भी शामिल हैं। इन वैज्ञानिक ढंगों में एक है प्राकृतिक और रासायनिक उर्वरकों का ठीक-ठीक प्रयोग।

किसानों को जब तक अच्छी खाद नहीं मिलेगी, अनाज, कपास, चीनी आदि के उत्पादन में वृद्धि करना संभव न होगा। गोबर जैसी पुरानी किस्म की खाद द्वारा पैदावार का यथेष्ट मात्रा में बढ़ना संभव न हो सकेगा। सिन्दरी में रासायनिक खाद का जो कारखाना स्थापित किया गया है उससे खाद की कमी बहुत कुछ पूरी की जा रही है, पर यह एक कारखाना ही भारत में खाद की आवश्यकता पूरी करने के लिए पर्याप्त नहीं है। इसलिए दूसरी पंचवर्षीय योजना में रासायनिक खाद के तीन नये कारखाने खोले जायेंगे, ताकि पाँच साल बाद खाद की पैदावार आज के मुकाबले चार-गुनी तक हो जाय।

नाइट्रोजनीय खादों में से देश के क्षारीय भागों में सबसे अधिक प्रयोग अमोनियम सल्फेट का होता है। अम्लिक मिट्टियों में सोडियम नाइट्रेट का प्रयोग बहुत अधिक किया जाता हैं। अमोनियम सल्फेट और चिलियन नाइट्रेट का स्थान जलरहित अमोनिया और अमोनियम नाइट्रेट शीघ्रता से ले रहे हैं ! बाद वाली दोनों खादें पहली दोनों की अपेक्षा बहुत सस्ती हैं।

परिवहन (लाने, ले जाने) का व्यय कम होने के कारण एक गुनी सुपर फौसफेट के स्थान पर तिगुनी सुपर फौसफेट का प्रचार बढ़ रहा है। परन्तु खादों का मिश्रण तैयार करने में एक गुनी सुपर-फौसफेट ही अधिक काम में आती है। विभिन्न फसलों पर भिन्न-भिन्न किस्म की खादों के उपयोग से उपज में कोई अन्तर नहीं पड़ता।

कृषि के उत्पादन की वृद्धि में खाद का महत्त्वपूर्ण स्थान है। खादें पौधों को आवश्यक खुराक पहुँचाती हैं, जिससे उनकी अनाज रखने की शक्ति में वृद्धि होती है। पौधों के तीन मुख्य भोज्य पदार्थ हैं, नाइट्रोजन, फासफोरस और पोटाश। भारत की भूमि के लिए नाइट्रोजन और फासफोरस की बहुत आवश्यकता है। नाइट्रोजनात्मक मात्रा वाली खाद अमोनियम सल्फेट होती है और फास्फोरसात्मक मात्रा वाली खाद सुपर फासफेट होती है। किसी भी किस्म की खाद के उचित उपयोग के लिए चूना का प्रयोग भी बहुत आवश्यक है। प्रति वर्ग गज पर औसतन तीन या चार औंस चूने का प्रयोग , खाद के प्रयोग के एक मास पहले किया जाना चाहिए।

रासायनिक उद्योग के विकास की रूपरेखा

आज के युग में रासायनिक खादों का उपयोग कितना बढ़ गया है इसका अनुमान हम इसी से लगा सकते हैं कि संसार में आज लगभग १,८०,००,००० मीट्रिक टन विभिन्न किस्म की रसायनिक खादों का उपयोग प्रतिवर्ष होता है। रासायनिक खादों के उपयोग की वृद्धि से कृषि-उत्पादन में भी पर्याप्त वृद्धि हुई है !

भारत में रासायनिक खाद के उद्योग के विकास की कहानी द्वितीय महायुद्ध के के बाद से आरम्भ होती है। सन् १९३९ में मैसूर के बेलेगुला क्षेत्र में एक रासायनिक खाद का कारखाना खोला गया, जिसमें प्रतिदिन २० टन अमोनियम सलफेट बनाया जाने लगा। द्वितीय महायुद्ध के पहले भारत में रासायनिक खाद बनाने का कोई अलग कारखाना नहीं था, केवल "कोक ओवन" के प्लाट के सहकारी उत्पादन के रूप में प्रतिवर्ष लगभग २५,००० टन अमोनियम सल्फेट बनता था। उस समय रासायनिक खाद का आयात भी सीमित ही था। सन् १९२२-२३ में अमोनियम सल्फेट का

आयात ३०६ टन था, जो बढ़कर सन् १९३८–३९ में ७६,७४८ टन अमोनियम सलफेट, ६७८८ टन सुपर फास्फेट, २,१३७ टन नाइट्रेट औफ सोडा, १,८२९ टन नाइट्रेट औफ पोटाश तथा, ७,०३७ टन अन्य किस्म की रासायनिक खादों का आयात हो गया। इस प्रकार सन् १९३८–३९ में सब मिलाकर ९९,४५२ टन रासायनिक खाद का आयात हुआ था, जिसका मूल्य लगभग १ करोड़ रु० से भी अधिक था।

सन् १९४७ में भारत में रासायनिक खाद का एक कारखाना फर्टिलाइजर्स एन्ड केमिकल्स (त्रिवाँकुर) लि० आलवे (दक्षिण-भारत) में खोला गया, जहाँ प्रतिदिन १५० टन अमोनियम सलफेट तथा १०० टन सुपर फास्फेट बनाया जाने लगा। इस क्षेत्र में कोयला नहीं मिलता। अतः अमोनिया गैस बनाने के हेतु यहाँ गैसजेनरेटर की बैटरियों में लकड़ी का जलावन के रूप में प्रयोग होता है।

जैसा कि ऊपर कहा गया है, द्वितीय महायुद्ध के बाद भारत के रासायनिक खाद के उद्योग ने बहुत अधिक उन्नति की है। इस उन्नति की पृष्ठभूमि में सन् १९४३ का अकाल तथा भारत के कृषि-उत्पादन का निरन्तर ह्रास और उसकी जाँच के हेतु बनायी गयी "फूड ग्रेन पौलिसी" कमेटी की सिफारिशें हैं। इस कमेटी ने एक और फैक्टरी बनाने की सिफारिश की, जिसमें ३,५०,००० टन अमोनियम सलफेट प्रति वर्ष बनाया जा सके।

दूसरा परिच्छेद

नाइट्रोजन (Nitrogen) युक्त खाद तथा उनका पौधों और मिट्टी पर प्रभाव

पौधों की उचित वृद्धि के लिए वायु, जल, रोशनी, गर्मी, भोजन और रोगों से उनकी रक्षा आवश्यक है। नाइट्रोजन, फौसफोरस तथा कैलसियम तत्त्व इसके लिए अधिक मात्रा में आवश्यक हैं। ये सारे तत्त्व पौधे अपने जड़ के सूक्ष्म रेशों से प्राप्त करते हैं। सम्भवतः ये तत्व विलयन तथा तरल अवस्था में रहते हैं।

पौधों की शीघ्र वृद्धि के लिए अधिकाँश मिट्टियाँ इन तीनों तत्त्वों की आवश्यकताओं की पूर्ति नहीं कर सकतीं। अतः यह आवश्यक है कि पौधों की वृद्धि में सहायता करने के लिए इन तत्त्वों को मिट्टियों में दिया जाय।

खाद शब्द प्रायः पशुओं के मलमूत्र, गोशाला के कूड़ा-कर्कट, मुर्गियों की बीट, हड्डी का खाद तथा मछली की खाद के रूप में व्यवहृत किया जाता है। यह शब्द प्रायः उन्हीं द्रव्यों के लिए व्यवहृत किया जाता हैं, जो पौधों की वृद्धि में सहायता देते हैं। खाद में नाइट्रोजन, पोटाश, फौसफोरस तथा कैलसियम का विशेष स्थान है।

नीचे दिये हुए रासायनिक पदार्थ, नाइट्रोजन खाद के रूप में व्यवहृत किये जाते हैं।

१—अमोनियम सलफेट (Ammonium Sulphate) ($(NH_4)_2 SO_4$)

२—सोडियम नाइट्रेट (Sodium nitrate) ($NaNO_3$)

३—कैलसियम साएनामाइड (Calcium Cyanamide) ($Ca CN_2$)

४—नाइट्रोचौक (अमोनियम नाइट्रेट और कैलसियम कार्बोनेट का मिश्रण ($NH_4 NO_3 + Ca CO_3$)

(Nitrochalk; Mixture of Ammonium Nitrate and Calcium Carbonate)

५—कैलसियम नाइट्रेट (Calcium Nitrate; $Ca (NO_3)_2$

६—अमोनियम क्लोराइड (Ammonium Chloride)

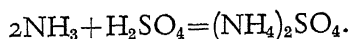
७—यूरिया (Urea)

प्रत्येक की बनावट, उनके गुण तथा साथ-साथ मिट्टी में परिवर्त्तन पर सविस्तार विचार किया जा रहा है।

"नाइट्रोजन खाद की बनावट"

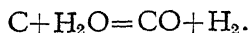
अमोनियम सलफेट Ammonium suphate $(NH_4)_2SO_4$,

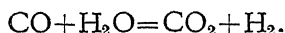
यह खाद प्रायः अधिक फसल पैदा करती है। कुछ ही वर्ष पहले अमोनियम सल्फेट बनाने के लिए कोयले से अमोनियम निकाला जाता था। कोयले की गैस निकालने के लिए रेटॉर्ट (Retorts) काम में लाये जाते थे, निकली हुई गैस को पानी में विलयित किया जाता था, जिससे अमोनिया का विलयन बन जाता था। इस विलयन में चूने का पानी मिलाया जाता था। इस क्रिया द्वारा अमोनिया निकलती थी। यह अमोनिया गंधकाम्ल (Sulpheric acid) में मिलायी जाती थी। अमोनिया एक क्षारीय पदार्थ (Volatile Alkali,) है। यह अम्ल से मिलकर अमोनियम सल्फेट बनाती है। अमोनियम सल्फेट के विलयन से यह यौगिक रवा (Crystal) के रूप में बनाया जाता था। बाद में इसे सुखा कर बन्द बोरों में बिक्री के लिए प्रस्तुत किया जाता था। नीचे दिये हुए रासायनिक समीकरण से यह सिद्ध होता है।

$$2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4.$$

अमोनियम सलफेट के बनाने की प्रचलित प्रणाली—बहुत से पौधे अपनी बृद्धि के लिए नाइट्रोजन गैस लेने में असमर्थ होते हैं। नाइट्रोजन यौगिक अवस्था में भी पाया जाता है। बहुत दिन पहले स्वर्गीय सर विलियम कुक्स ने बतलाया था कि रसायनज्ञ वायु मंडल के नाइट्रोजन को दूसरे तत्वों से मिलाकर उसका एक यौगिक बनाने की समस्या का समाधान कर सकते हैं। उनका कहना था कि एक समय ऐसा भी आयेगा, जब अन्न-उत्पादन के लिए नाइट्रोजन की खाद की कमी होने से मनुष्य अन्नाभाव से पीड़ित होंगे, यह घटना तब घटेगी जब दक्षिणी अमेरिका के सोडियम नाइट्रेट $(NaNO_3)$ की खान खत्म हो जायगी और गेहूँ को खाद नहीं मिल सकेगी। इस भविष्यवाणी के उपरान्त रासायनिकों नें इस समस्या का समाधान किया। अमोनिया को बनाने के लिए रासायनिक वायु द्वारा प्राप्त नाइट्रोजन और जल द्वारा प्राप्त हाइड्रोजन गैसों को मिलाने में वे सफल हो गये। वे नाइट्रोजन को आक्सीजन तथा पानी में मिलाकर

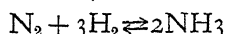
नाइट्रिक ऐसिड तथा नाइट्रेट्स बना सकते हैं। इस क्रिया द्वारा अमोनिया भी बन सकता है।

अमोनिया की बनावट——लाल गर्म कोक पर वाष्प पड़ने से जो जल गैस बनती है वह कार्बन मोनोक्साइड और हाइड्रोजन दो गैसों का मिश्रण है !

$$C + H_2O = CO + H_2.$$

एक खास तरह के फरनेस में जिसे उत्पादक कहते हैं, कोयला तथा कोक को गर्म करने से–जिसमें हवा का आवागमन आसानी से हो –उत्पादक गैस (Producer gas) इकट्ठा होती है। यह कार्बन मौनोक्साइड, कार्बन डाइऑक्साइड तथा नाइट्रोजन का मिश्रण है। इन दोनों ही गसों ,वाटर गैस तथा उत्पादक गैस का मिश्रण किया जाता है और इसके बाद ऑक्साइड ऑफ कार्बन को अलग करने से हाइड्रोजन तथा नाइट्रोजन दो गैसें निकल जाती हैं ! catalyst अथवा accelerator की उपस्थिति में कार्बन मोनोक्साइड वाष्प से प्रतिक्रिया करके कार्बन-डाइ-औक्साइड बनता है !

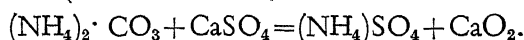
$$CO + H_2O = CO_2 + H_2.$$

कार्बन-डाई-ऑक्साइड दबाव के कारण जल में विलयन शील हो जाता है और पृथक् किया जा सकता है तथा हाइड्रोजन से शोषण द्वारा कौपरलिकर (Copper liquor) में कौपर क्लोराइड के रूप में अलग किया जा सकता है। इन दोनों गैसों द्वारा अमोनिया बन सकता है। सन्तोषजनक उत्पादन के लिए गैस दो-सौ वायु-मंडल पर दबायी जाती है जो लगभग २४०० प्रति इंच होता है और इसका तापक्रम ५००, ८ होता है। अमोनिया गैस तैयार होते ही शीघ्र ठंढा करके तरल बनायी जाती है।

अमोनिया को इकठ्ठा कर उसे नीचे दिये हुए अन्य यौगिक में परिवर्तित किया जाता है।

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

अमोनियम सल्फेट——पहले अमोनिया को कार्बन-डाई-आक्साइड तथा जल के साथ मिलाकर अमोनियम कार्बोनेट बनाते हैं।

$$H_2O + 2NH_3 + CO_2 = (NH_4)_2CO_3.$$

इस अमोनियम कार्बोनेट की एन हाइड्राइट (Anhydrite) अथवा कैलसियम सल्फेट के साथ प्रतिक्रिया की जाती है, जिससे अमोनियम सल्फेट और कैलसियम कार्बोनेट बनता है। अमोनियम कार्बोनेट तथा एन्-हाइड्राइट पानी में धुलाया जा सकता है; केन्द्रीभूत तथा द्रवीभूत भी किया जा सकता है तथा इससे शुद्ध अमोनियम सल्फेट इकट्ठा किया जा सकता हैं।

$$(NH_4)_2 \cdot CO_3 + CaSO_4 = (NH_4)SO_4 + CaO_2.$$

सिन्दरी का कारखाना

स्वतन्त्रता के बाद भारत सरकार ने धनबाद से १५ मील की दूरी पर स्थित सिन्दरी गाँव में २३ करोड़ की लागत से रासायनिक खाद का एक कारखाना खोला। इस कारखाने को बनाने में पाँच-छः वर्ष का समय लगा और नवम्बर १९५१ से यहाँ अमोनियम सल्फेट की खाद का उत्पादन आरम्भ हो गया। यह एशिया का सबसे बड़ा खाद बनाने वाला कारखाना है और विश्व में नवीनतम प्लान्टों से युक्त एक आधुनिक कारखाना माना जाता है। १६ जनवरी १९५२ को इसे फर्टिलाइजर्स एण्ड केमिकल्स लिमिटेड कम्पनी के रूप में परिर्वातत कर दिया गया।

यह कारखाना मुख्यतः पाँच भागों में विभक्त है —

(१) पावर प्लाण्ट

(२) गैस प्लाण्ट

(३) अमोनिया प्लाण्ट

(४) सल्फेट प्लाण्ट और

(५) नया बना हुआ कोक ओवन प्लाण्ट।

सिन्दरी में "अर्द्ध जल गस जिप्सम् पद्धति" अमोनियम सल्फेट बनाने के लिए प्रयोग में लायी जाती है। इस प्रणाली में पहले नाइट्रोजन और हाइड्रोजन के संश्लेषण से अमोनिया बनायी जाती है। फिर इस अमोनिया को कार्बन-डाइ-आक्साइड की प्रतिक्रिया से अमोनियम कार्बोनेट में परिर्वत्तित किया जाता है। इसके बाद पीसे हुए जिप्सम को अमोनियम कार्बनेट से मिलाकर अमोनियम सल्फेट बनाते हैं और चाक स्लज नामक अतिरिक्त उत्पादन प्राप्त करते हैं, जो सीमेन्ट बनाने के लिए उपयोगी होता है। निम्न पंक्तियों में सिन्दरी के विभिन्न प्लाण्टों का संक्षिप्त परिचय प्रस्तुत है!

पावर प्लाण्ट, जो ८०,००० किलोवाट शक्ति का है फैक्टरी को बिजली तथा 'प्रोसेस-स्टीम' देता है।

गैस प्लाण्ट मिक्सचर बनाता है जो कि सफाई के बाद अमोनिया बनाने के काम में आता है। प्रतिदिन यहाँ ४४ मिलियन क्यूबिक फुट गैस बनती है।

अमोनिया प्लाण्ट में गैस प्लाण्ट की परिर्वातत गैस कार्बन-डाइ-आक्साइड से मुक्त की जाती है और नाइट्रोजन और हाइड्रोजन के बचे हुए मिश्रण को केटेलिस्ट के साथ बिश्लेषित किया जाता है। यह प्लाण्ट प्रतिदिन (२४ घंटोंमें) २७० टन अमोनिया बनाता है।

अन्त में सल्फेट प्लाण्ट में जिप्सम और अमोनियम कार्बोनेट के घोल को मिलाया जाता है और कुछ रासायनिक क्रियाओं के बाद अमोनियम सल्फेट बनता है, जिसे दाना का रूप दिया जाता है और कैलसियम कार्बोनेट स्लज को अलग कर दिया जाता है, जिसका प्रयोग सीमेन्ट बनाने के लिए किया जाता है।

कोक की आवश्यकता-पूर्त्ति के लिए बनाया गया नया कोक ओवन प्लान्ट प्रतिदिन ६०० टन कोक का उत्पादन करता है और इससे बहुत से अतिरिक्त उत्पादन भी प्राप्त होते हैं।

सिन्दरी कारखाना सरकारी क्षेत्र के उद्योगों का प्रतिनिधित्व करता है। विगत पाँच बर्षों में इसने उत्पादन एवं सफल कार्यक्षमता का एक नया मानदण्ड उपस्थित कर दिया है। सन् १९५५–५६ में सिन्दरी का उत्पादन निर्धारित मात्रा से ६,०६२ टन अधिक था। उस वर्ष का कुल उत्पादन ३,२६,०६२ टन अमोनियम सलफेट था। विगत वर्ष भी सिन्दरी का उत्पादन निश्चित मात्रा से ३५३ टन अधिक था। कुल उत्पादन की निर्धारित मात्रा थी ३,२०,००० टन जबकि उत्पादन हुआ था, ३,२१,३६४ टन अमोनियम सल्फेट। जनवरी १९५६ में सिन्दरी में अमोनियम सलफेट का उत्पादन ३१,२२८ टन था, जिसका औसत १,००७ टन प्रतिदिन होता है। यह उत्पादन का नया रेकार्ड है जो अब तक के प्रतिमास उत्पादन का सबसे अधिक है। सिन्दरी का रासायनिक खाद का उत्पादन अब तक १२ लाख टन के लगभग रहा है, जिससे से ४० करोड़ से अधिक मूल्य की विदेशी मुद्रा की बचत रही है। दूसरे शब्दों में सिन्दरी की खादों के प्रयोग के फलस्वरूप २३ लाख टन अतिरिक्त अन्न की पैदावार हुई है, जिससे ६५ करोड़ रुपये से अधिक मूल्य के खाद्यान्नों की पैदावार में वृद्धि हुई।

सिन्दरी ने भारत की खादों का उत्पादन सात गुने से अधिक बढ़ाया है। भारत में बनायी जाने वाली खादों का उत्पादन सन् १९५०–५१ में केवल ४६,००० टन था, जिसमें सिन्दरी ने ३२१,३५३ टन खाद के उत्पादन को जोड़ा है। सन् १९५५–५६ में कुल मिलाकर खादों का उत्पादन ३,८०,००० टन हो गया। इस कारण अब हमारे देश को विदेशी-खादों पर अधिक निर्भर नहीं रहना पड़ता क्योंकि सिन्दरी में बनायी जाने वाली खाद बिदेशी खादों से सस्ती पड़ती है।

जहाँ एक ओर सिन्दरी के उत्पादन में वृद्धि हुई है वहाँ दूसरी ओर खाद के मूल्यों में भारी कमी आयी है। अमोनियम सल्फेट का मूल्य जो १९५४–५५ में २७५ रु० प्रति टन था सन् १९५५–५६ में २७० रु० प्रति टन हो गया। स्मरणीय है कि सन्

१९५१ में सल्फेट का मूल्य ३१५ रु० प्रति टन था। मूल्य की कमी और रासायनिक खादों की उपयोगिता की वृद्धि के साथ ही साथ रासायनिक खाद की माँग में भी वृद्धि हुई है।

नीचे दी गयी सारणी सं० ६६ से यह स्पष्ट हो जायगा।

सारणी संख्या ६६

वर्ष	माँग
१९५२	२,७६,००० टन
१९५३	४,२२,००० टन
१९५४	५,५०,००० टन
१९५५–५६	६,००,००० टन

६ लाख टन की माँग के विपरीत भारत में सब मिलाकर ३,८०,००० टन रासायनिक खादों का उत्पादन सन् १९५५–५६ में हुआ था। इससे स्पष्ट है कि हमारी माँग और वर्तमान उत्पादन में प्रति वर्ष २,२०,००० टन का अन्तर है, जिसकी पूर्ति रासायनिक खादों के आयात द्वारा की जाती है।

सिन्दरी में प्रति दिन औसतन ३०० टन अमोनिया का उत्पादन होता है। अभी तक अमोनिया का विक्रय बहुत कम होता है, लेकिन निकट भविष्य में, एक समझौते के अनुसार, प्रति वर्ष सिन्दरी फैक्टरी अधिक अमोनिया बेचा करेगी।

सिन्दरी का नया कोक ओवन प्लाण्ट प्रति दिन ६०० टन कोक बनाता है, जो सिन्दरी की अपनी आवश्यकता से अधिक होता है। कोक के अतिरिक्त अन्य अतिरिक्त उत्पादन भी कोक ओवन प्लाण्ट के होते हैं, जैसे कोलतार, मोटर बेनजाल, बेनजीन, टोलूइन तथा जेलीन आदि। विगत डेढ़ वर्ष से सिन्दरी इन अतिरिक्त उत्पादनों को बेचता रहा है, जिससे काफी लाभ हो रहा है। कोलतार की माँग बराबर बढ़ती ही जा रही है।

सारणी सं० ६७ से कोक ओवन बाई-प्रोडक्टस के होनेवाले प्रति वर्ष के उत्पादन का अनुमान लग जायगा।

इनमें से अनेकों अतिरिक्त उत्पादनों के विक्रय की भी व्यवस्था है और इनकी खपत बढ़ाने के लिए प्रचार-प्रसार भी किया जा रहा है।

चाक स्लज—प्रति दिन अमोनियम सलफेट बनाने में लगभग ९०० टन चाक स्लज उपोत्पादन (बाई प्रॉडक्ट) के रूप में तैयार होता है। यह अतिरिक्त उत्पादन सीमेन्ट

बनाने के काम में आता है। सिन्दरी के रासायनिक खाद के कारखाने के निकट ही एसोशिएटेड सीमेंन्ट कम्पनी ने एक सीमेन्ट बनाने का कारखाना स्थापित किया है, जो प्रति दिन ६०० टन चाक स्लज सम्प्रति लेता है। चाक स्लज को सीधे ए० सी० कं० को पम्प कर दिया जाता है। निकट भविष्य में यह कारखाना सिन्दरी के चाक स्लज का पूरा दैनिक उत्पादन लेने लगेगा।

सारणी संख्या ६७

वस्तु	१९५४	१९५५	१९५६ (केवल तीन मास)
कोक (टन)	६८,६११	२१२,१९४	२३,७८५
कोलतार (टन)	२,९३५	११,५८२	३,१६०
मोटर बेनजाल (गैलन)	—	१,०८,०९९	२८,१२८
बेनजीन	—	८५,५३८	४७,३४९
जेलीन	—	१,७३०	—
नैपथा	—	७,३०९	३,०४०

आर्थिक दृष्टिकोण से भी सिन्दरी ने पर्याप्त प्रगति की है। सन् १९५४-५५ का लाभ सन् १९५३–५४ के लाभ से १.२५ करोड़ अधिक था। सन् १९५४-५५ में १.६७ करोड़ ह्रासकोष, ३० लाख मरम्मत और सुधार और २७ लाख भारत सरकार के ऋण के ब्याज आदि की व्यवस्था के बाद १.७३ करोड़ का लाभ हुआ था। स्मरणीय है कि यह लाभ सिन्दरी के कोक ओवन प्रोजेक्ट के लिए २॥ करोड़ की व्यवस्था करने तथा १६७.१४ लाख का भारत सरकार का ऋण भुगतान करने के बाद हुआ था। सन् १९५५-५६ में ह्रास आदि अन्य व्यय की व्यवस्था के बाद लगभग १.७० करोड़ रु० का लाभ हुआ है। सिन्दरी के भावी विकास के हेतु भी ४–५ करोड़ रुपयों की व्यवस्था आगामी तीन वर्षों में की जायगी। इस सम्बन्ध में प्रति वर्ष अनुपातत: डेढ़ करोड़ रुपयों की व्यवस्था की जा रही है।

द्वितीय पंचवर्षीय योजना

द्वितीय पंचवर्षीय योजना में रासायनिक खाद उद्योग के विकास की ओर अधिक ध्यान दिया गया है और सिन्दरी-जैसे तीन नये कारखाने खोलने की योजना है। द्वितीय पंचवर्षीय योजना में १०० करोड़ रुपये की रकम नये रासायनिक खाद के कारखानों को खोलने के लिए रखी गयी थी। सन् १९६१ तक नाइट्रोजन की आवश्यकता ३७३ मिलियन टन अथवा १८,६५,००० टन अमोनियम सल्फेट होगी। फास्फेटिक खादों की आवश्यकता द्वितीय पंचवर्षीय योजना के अन्त तक .०२ मिलियन टन अनुमानित है।

रासायनिक खादों के उपयोग का विकास-क्रम द्वितीय पंचवर्षीय योजनाकाल में इस प्रकार है——

१९५६–५७	१,५०,००० टन
१९५७–५८	१,९०,००० टन
१९५८–५९	२,४०,००० टन
१९५९–६०	३,००,००० टन
१९६०–६१	३,७०,००० टन

फर्टिलाइजर्स मिशन की सिफारिशें

सन् १९५३ के आरम्भ में भारत में रासायनिक खादों के प्रचार-प्रसार एवं सिन्दरी के विकास के सम्बन्ध में एक मिशन भारत-सरकार द्वारा संसार के दौरे पर भेजा गया था। मिशन ने विभिन्न खादों के उत्पादन की सम्भावनाओं के सम्बन्ध में अध्ययन किया और सिन्दरी में यूरिया एवं अमोनियम नाइट्रेट खाद बनाने की योजना को ठीक बताया। उसने यूरिया और अमोनियम नाइट्रेट की खाद बनाने के लिए प्लान्टों का आकार तथा नये प्लान्टों की क्रिया और व्यवस्था की समस्याओं पर विचार-विमर्श कर उस सम्बन्ध में अपनी राय प्रगट की। उसका मत था कि सिन्दरी में ७० टन प्रति दिन यूरिया बनानेवाला प्लान्ट तथा ११० टन अमोनियम नाइट्रेट बनानेवाला प्लान्ट लगाया जाय अथवा ३५ टन यूरिया तथा १५० टन अमोनियम नाइट्रेट उत्पादन करनेवाले प्लान्ट लगाये जायँ।

इसके अतिरिक्त इस मिशन ने नये फर्टिलाइजर्स प्रोजेक्ट स्थापित करने के पहले निम्न तथ्यों पर भी ध्यान देने के लिए कहा——

१——कोक ओवन गैस मिलने की नयी सम्भावनाएँ (स्टील प्रोजेक्ट्स के पास)।

२—आयल रिफाइनरी के बम्बई तथा विशाखपत्तन में खोले जाने की सम्भावनाएँ।

३—जलविद्युत केन्द्रों के निकट सस्ती जलविद्युत मिलने की सम्भावनाएँ।

सिन्दरी की विकासयोजना

सिन्दरी के कोक ओवन प्लान्ट से एक करोड़ क्यूबिक-फुट गैस पैदा होती है, जिसका उपयोग यूरिया और अमोनियम नाइट्रेट नामक खाद बनाने में किया जायगा। फर्टिलाइजर्स मिशन की सिफारिशों के आधार पर सिन्दरी में प्रति दिन ७० टन यूरिया तथा ४०० टन अमोनियम नाइट्रेट बनाया जायगा।

यूरिया और अमोनियम सलफेट-नाइट्रेट के प्लान्टों को बनाने के लिए विभिन्न फर्मों से टेण्डर माँगे गये थे। अन्त में नये प्लान्टों को बनाने का ठीका मिलान के महोदय माण्टकेटनी को दिया गया है। ये प्लान्ट आगामी ३२ महीनों में बनकर तैयार हो जायँगे और ३६ महीनों में यहाँ नयी रासायनिक खाद बनने लगेगी। इस ठेके के लिए माण्टकेटनी कंपनी को ७.०२ करोड़ रुपया दिया जायगा। उनको लगभग एक करोड़ रु० अभी तक दिया जा चुका है। भारत सरकार ने इस विकास-योजना के लिए ७ करोड़ रु० दिया है। सन् १९५६-५७ के वित्तीय बजट में इसके लिए ३.६४ करोड़ की व्यवस्था की गयी थी।

सिन्दरी की इस विकास-योजना को पूरा करने में सिन्दरी फर्टिलाइजर्स फैक्टरी को भी लगभग ४–५ करोड़ रु० का व्यय करना होगा। सर्वप्रथम पूर्वोक्त उर्वरक बनाने के लिए प्रति दिन २५० टन सल्फेट लिकर बनाना होगा। इसके अतिरिक्त विद्युत एवं जल आदि की व्यवस्था में भी पर्याप्त व्यय करना होगा। सन् १९५६–५७ में इस सम्बन्ध में होनेवाले व्यय का अनुमान १३१.३०८ लाख रु० लगाया गया है और इसकी व्यवस्था भी सिन्दरी फर्टिलाइजर्स के पूँजीगत बजट में कर दी गयी है।

सिन्दरी के विकास की दूसरी योजना को "बैलेन्सिग एक्सपैन्शन स्कीम" के नाम से जाना जाता है, जिसके अनुसार प्रयत्न किया जा रहा है कि पूरी कार्यक्षमता के अनुसार होनेवाले उत्पादन और वर्तमान उत्पादन का अन्तर कम-से-कम हो सके।

दूसरी विकास-योजनाएँ

द्वितीय पंचवर्षीय योजनाकाल में एक ओर वर्तमान रासायनिक खादों के उत्पादन को बढ़ाने का लक्ष्य निर्धारित किया गया है और दूसरी ओर तीन नये कारखाने खोले जा रहे हैं। आगामी सन् १९६१ तक प्रति वर्ष २,५०,००० टन कुल मिलाकर रासायनिक खाद की आवश्यकता होगी। अतः लगभग १,७०,००० टन की कुल

उत्पादनशक्ति वाले रासायनिक खाद के कारखानों को बनाने की आगामी पंचवर्षीय योजना में व्यवस्था की गयी है। निम्नांकित तीन फर्टिलाइज़र्स प्रोजेक्ट आगामी पंच-वर्षीय योजनाकाल में बनाये जायेंगे।

(क) नंगल प्रोजेक्ट—

फर्टिलाइजर्स प्रोजेक्ट कमेटी की सिफारिशों के अनुसार भारत सरकार ने नंगल प्रोजेक्ट बनाया है, जिसकी उत्पादन-क्षमता ७०,००० टन (अमोनियम नाइट्रेट) प्रति-वर्ष होगी तथा साथ ही साथ यहाँ हेवी वाटर भी बनाया जायगा। आटोमेटिक एनर्जी प्लान्ट द्वारा १५,०००,००० पौं० फर्टिलाइजर्स तथा हेवी वाटर प्लान्ट के लिए ब्रिटिश फर्म कास्टेन जॉन ब्राउन लिमिटेड को सलाह देने के लिए नियुक्त किया गया है। इस प्रोजेक्ट का सारा कार्य लगभग समाप्त हो गया है और नंगल फर्टिलाइज़र्स एण्ड कैमि-कल्स प्राइवेट लिमिटेड नामक कम्पनी का निर्माण किया जा रहा है, जो इस प्रोजेक्ट का कार्यभार ले लेगी। यह प्रोजेक्ट सन् १९५९-६० तक पूरा हो जायगा और इसको बनाने में लगभग २२ करोड़ रु० लगेगा।

(ख) नेवेली प्रोजेक्ट—

नेवेली प्रोजेक्ट दक्षिण भारत में बनाया जा रहा है। नेवेली प्रोजेक्ट लिगनाइट प्रोजेक्ट का एक हिस्सा है जो प्रति वर्ष ७०,००० टन सलफेट नाइट्रेट और यूरिया की खाद भी बनायेगा।

भारत में रासायनिक खादों के उद्योग का भविष्य बहुत ही उज्ज्वल है। आगामी पंचवर्षीय योजना काल में रासायनिक खाद उद्योगों के विकास के सम्बन्ध में ऊपर विस्तृत चर्चा की गयी है, जिससे निष्कर्ष निकलता है कि आगामी कुछ वर्षों में हमें रासायनिक खादों के सम्बन्ध में विदेशों पर निर्भर न रहना पड़ेगा।

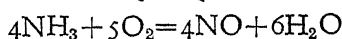
भारत के कृषि-विकास के इतिहास में अमोनियम सल्फेट नामक खाद ने एक नया पृष्ठ जोड़ा है। सिन्दरी में मुख्यतः अमोनियम सल्फेट की खाद बनायी जाती है। अमोनियम सल्फेट बहुत-सी किस्म की फसलों और विभिन्न किस्म की जमीनों के लिए उपयोगी है। इसका प्रयोग अकेले भी किया जा सकता है और अन्य खादों के साथ भी मिला कर किया जा सकता है। इसको जमीन के साथ मिलाने का तरीका और उपयोग की मात्रा फसल तथा जमीन के अनुपात में बदलती है।

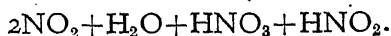
भारत में अमोनियम सल्फेट का औसत प्रयोग बहुत अधिक लाभदायक सिद्ध हुआ है। धान और गेहूँ की खेती में १$\frac{1}{2}$ मन प्रति एकड़ अमोनियम सल्फेट की खाद

मिलाने से ३–४ मन अथवा २.९ मन प्रति एकड़ पैदावार में वृद्धि होती है। इसी प्रकार गन्ना, जौ, चना आदि अन्य फसलों के लिए भी यह खाद बहुत अधिक उपयोगी सिद्ध हुई है।

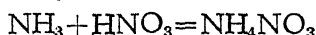
२. अमोनिया से नाइट्रिक एसिड की उत्पत्ति (Nitric acid from Ammonia)

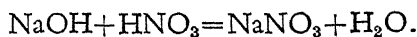
अमोनिया में नाइट्रोजन तथा हाइड्रोजन नामक तत्त्व रहते हैं। नाइट्रिक अम्ल और नाइट्रेट्स में ऑक्सिजन रहता है। यह परिवर्तन अमोनिया के ऑक्सीकरण द्वारा किया जाता है। यह तब होता है जब वायु तथा अमोनिया एक गरम प्लैटिनम की जाली द्वारा निष्कासित किये जाते हैं। यह परिवर्तन इस प्रकार होता है :—

$$4NH_3+5O_2=4NO+6H_2O$$

जो भी नाइट्रिक आक्साइड (NO) इकट्ठा होता है वह वायु में स्थित ऑक्सि-जन के साथ मिल जाता है और इस क्रिया द्वारा एक भूरी गैस के रूप में नाइट्रोजन डॉक्साइड बनता है, जो जल के मिश्रण से नाइट्रस एसिड बनाता है।

$$2NO_2+H_2O+HNO_3+HNO_2.$$

३. नाइट्रिक एसिड से नाइट्रेट्स की उत्पत्ति (Nitrates from Nitric acid)

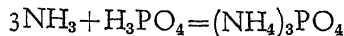
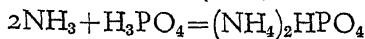
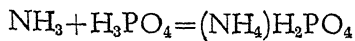
अमोनियम नाइट्रेट्स बनाने के लिए नाइट्रिक अम्ल की अमोनिया के साथ प्रति-क्रिया की जा सकती है। यह विस्फोटक द्रव्य है, इसलिए इस खतरे से बचने के लिए इसे चॉक (chalk) के साथ मिश्रित किया जाता है। यह मिश्रण नाइट्रोचॉक (Nitro chalk) कहलाता है। अमोनिया और नाइट्रिक अम्ल के मिलने से अमोनियम नाइट्रेट बनता है।

$$NH_3+HNO_3=NH_4NO_3$$

सोडियम नाइट्रेट सोडियम हाइड्रौक्साइड और नाइट्रिक अम्ल की क्रिया द्वारा बनता है।

$$NaOH+HNO_3=NaNO_3+H_2O.$$

४: अमोनियम फास्फेट

नाइट्रिक अम्ल के बदले में फास्फोरिक अम्ल (Phosphoric acid) को अमोनिया के साथ प्रतिक्रिया करने से अमोनियम फास्फेट तैयार किया जाता है। यह एक विशेष प्रकार का द्रव्य है, जिसमें नाइट्रोजन तथा फास्फोरस सम्मिलित रहते हैं। ये दोनों

उत्पादक तत्त्व हैं। तीन प्रकार के अमोनियम फास्फेट पाये जाते हैं, यह निम्नलिखित समीकरण से ज्ञात होता है—

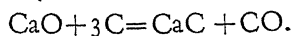
$$NH_3+H_3PO_4=(NH_4)H_2PO_4$$
$$2NH_3+H_3PO_4=(NH_4)_2HPO_4$$
$$3NH_3+H_3PO_4=(NH_4)_3PO_4$$

ये सभी मोनो-अमोनियम फास्फेट (Monoammonium phosphate), डाईअमोनियम फास्फेट (Diammonium phosphate) और ट्राई-अमोनियम फास्फेट (Triammonium phosphate) के नाम से जाने जाते हैं। प्रतिशत नाइट्रोजन पहले से दूसरे में और दूसरे से तीसरे में अधिक है। फास्फोरस इसके ठीक विपरीत घटता जाता है।

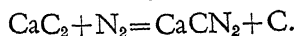
५. नाइट्रेट ऑफ सोडा (Nitrate of Soda)

यह कहा जा चुका है कि यह तत्त्व नाइट्रिक अम्ल तथा सोडियम कार्बोनेट से बनाया जा सकता है। नाइट्रिक अम्ल अमोनिया के ऑक्सीकरण (Oxidation of ammonia) द्वारा प्राप्त होता है। उस देश में जहाँ जल-शक्ति के द्वारा सस्ती विद्युत प्राप्त होती है, यह संभव है कि नाइट्रोजन तथा ऑक्सिजन प्राप्त हो और नाइट्रोजन तथा ऑक्सिजन को विद्युत शक्ति द्वारा प्रतिक्रिया करके इन दोनों का यौगिक बनाया जाय। नाइट्रिक ऑक्साइड (NO) कम मात्रा में बनाया जाता है। शीघ्र-तापहरण क्रिया द्वारा तथा अधिक ऑक्सिजन के साथ प्रतिक्रिया करके नाइट्रोजन डाक्साइड का उत्पादन किया जाता है और इसके बाद नाइट्रिक अम्ल उससे बनाया जाता है। नाइट्रिक अम्ल को चूने से प्रतिक्रिया करके कैलसियम नाइट्रेट बनाया जाता है। नाइट्रेट ऑफ सोडा अमेरिका के चिली नामक स्थान में खान से निकलता है। अतः इसे चिलीं सॉल्ट पीटर (Chile salt pitre) कहते हैं।

६. कैलसियम सायनामाइड (Calcium cyanamide : $CaCN_2$)

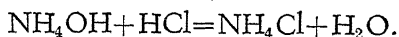
यह खाद भी वायु में स्थित नाइट्रोजन से बनायी जाती है। विद्युत शक्ति की इसमें भी जरूरत होती है। चूना तथा कोक को विद्युत भट्ठी (Electric furnace) में गरम किया जाता है तब कैलसियम कार्बाइड तैयार होता है।

$$CaO+3C=CaC+CO.$$

इस कैलसियम कार्बाइड की कम तापमान पर नाइट्रोजन से प्रतिक्रिया करने से कैलसियम सायनामाइड बनता है।

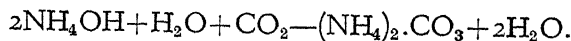
$$CaC_2+N_2=CaCN_2+C.$$

सभी नाइट्रोजन युक्त उर्वरक उजले रंग के होते हैं जो सरलता से पानी में विलयनशील हैं। कैलसियम सायनामाइड थोड़ा भूरा, काला, बुकनी के समान कार्बन से मिलता-जुलता होता है। इसमें नाइट्रोजन के रहने से यह एक मूल्यवान् उर्वरक सिद्ध हुआ है।

७. एमोनियम क्लोराइड

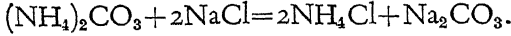
अमोनियम क्लोराइड भी एक उत्तम खाद है और इसके प्रयोग द्वारा फसल में वृद्धि हो सकती है। यह म्यूरिएट आफ अमोनिया (Muriate of ammonia) के नाम से भी सम्बोधित किया जाता है। प्रारम्भ में इसे "साल एमोनियाक" कहते थे। ज्वालामुखी प्रदेशों में जहाँ अमोनिया और हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की उत्पत्ति होती है, यह द्रव्य संश्लेषित होता है और प्रचुर मात्रा में पाया जाता है। इसमें २५.५ प्रतिशत नाइट्रोजन रहता है और ५.५ प्रतिशत नाइट्रोजन अमोनियम सल्फेट से अधिक रहता है। मिट्टी में इसके प्रयोग द्वारा कैलसियम क्लोराइड बनता है। यह अमोनियम सल्फेट से अधिक विलयनशील है। रसेल (Russel) ने १९३२ में जौ के ऊपर अनुसन्धान करके यह साबित किया कि अमोनियम क्लोराइड अमोनियम सल्फेट से अधिक लाभदायक है। स्किनर (Skinner) ने १९२६ ई० में कपास के ऊपर इस खाद का अनुसंधान करके यह बतलाया कि अमोनियम क्लोराइड उत्तम खाद है और उपज बढ़ाने में अमोनियम सल्फेट के साथ इसकी समानता है। नाइट्रोजन की मात्रा अधिक होने से यह सस्ता भी हो सकता है। ५० से २५० पौन्ड प्रति एकड़ तक इसका प्रयोग हो सकता है। भारतवर्ष में अमोनियम क्लोराइड का प्रयोग अनुसन्धान के हेतु बहुत हुआ है और सभी जगह अमोनियम क्लोराइड अत्यन्त लाभदायक खाद के रूप में पौधों के लिए पोषक द्रव्य सिद्ध हुआ है। अमोनियम क्लोराइड अमोनिया और हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की प्रतिक्रिया द्वारा बन सकता है।

$$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O.$$

अधिक पैमाने पर यह नमक और कार्बन-डाई-ऑक्साइड तथा अमोनिया के मेल से बनता है। अमोनिया जल-गैस और उत्पादक गैस की प्रतिक्रिया से तैयार किया जाता है। नीचे इस प्रतिक्रिया का विस्तृत वर्णन रासायनिक सूत्रों द्वारा किया जाता है।

अमोनिया और कार्बन-डाई-ऑक्साइड के मेल से अमोनियम कार्बोनेट की उत्पत्ति होती है।

$$2NH_4OH + H_2O + CO_2 — (NH_4)_2.CO_3 + 2H_2O.$$

तत्पश्चात् अमोनियम कार्बोनेट को नमक (sodium chloride) से प्रतिक्रिया करके अमोनियम क्लोराइड बनाया जाता है। इस प्रतिक्रिया द्वारा सोडियम

कार्बोनेट भी बनता है जो एक अत्यन्त महत्त्वपूर्ण क्षारीय द्रव्य है और जिसका इस्तेमाल कई आवश्यक कामों में होता है, जैसे कपड़ा साफ करने के लिए अथवा औषध के लिए।

$$(NH_4)_2CO_3 + 2NaCl = 2NH_4Cl + Na_2CO_3.$$

(अमोनियम क्लोराइड) (सोडियम कार्बोनेट)

भारतवर्ष में अमोनियम क्लोराइड अब अधिक उत्पादित होने लगेगा, क्योंकि इसका एक कारखाना वाराणसी के निकट खुल गया है।

नाइट्रोजन खाद का मिट्टी पर प्रभाव

खाद की उत्तमता के लिए द्रव्यों को अधिक-से-अधिक विलयनशील होने की आवश्यकता पड़ती है। नाइट्रोजन युक्त खाद का विलयनशील होना उसके साथ भिन्न तत्त्वों के यौगिक होने पर निर्भर है।

अमोनिया में नाइट्रोजन हाइड्रोजन के साथ, नाइट्रेट्स में ऑक्सिजन के साथ, तथा कैलसियम सायनामाइड के आधे हिस्से में कार्बन तथा आधे में कैलसियम के साथ सम्मिलित हैं।

साधारणतया रासायनिक खादों की (अकार्बनिक) प्रतिक्रिया जल्दी होती है। इस तरह की खादें बहुत तेजी से प्रभाव डालती हैं, क्योंकि नाइट्रेट्स एक उत्तेजक के रूप में काम करता है। स्पष्ट रूप से ये खादें (उत्पादक) दक्षता के साथ और एक निश्चित समय में बहुत छोटी मात्रा में व्यवहार की जाती हैं। इनके प्रभाव से पत्ते शीघ्र बढ़ते हैं। ये उन कोमल पत्तियों को बढ़ने में सहायता देती हैं जो कीटाणुओं और कुकुरमुत्ता (Fungi) जैसी नाशकारक वस्तुओं के द्वारा नष्ट की जा सकती हैं। पौधे बहुत धीरे-धीरे मिट्टी से पोषक तत्त्वों को खींचते हैं। अतः इनकी बढ़ती धीरे-धीरे होती है। फलस्वरूप पौधे एक ऐसा उत्पादक या खाद चाहते हैं जो उन्हें बढ़ने में बराबर पोषक तत्त्व प्रदान करता रहे। हड्डी की खाद, गोशाला की खाद, सींग तथा घूरे की खाद धीरे-धीरे नाइट्रोजन प्रदान करती हैं। जहाँ शीघ्रातिशीघ्र खाद की जरूरत होती है वहाँ नाइट्रेट्स, अमोनिया साल्ट और सायनामाइड ही लाभदायक हो सकते हैं।

अमोनिया-सल्फेट में अमोनिया मूल (Basic) क्षारीय तत्त्व है और सल्फेट आम्लिक तत्व हैं। जब यह मिट्टी में व्यवहार किया जाता है और सिंचाई तथा वर्षा के जल में विलयनशील हो जाता है, तब चिकनी मिट्टी (clay) द्वारा यह शोषित कर लिया जाता है। अमोनिया शोषित हो जाता है और सल्फेट सलफ्यूरिक अम्ल में परिणत हो जाता है।

अम्लता को रोकने के लिए कैलसियम का व्यवहार किया जाता है। यह कैलसियम सल्फेट बनाता है जो घुलनशील होता है तथा नलियों के जल द्वारा खेत के बाहर चला जाता है। अमोनियम यौगिक, जैसे अमोनियम सल्फेट मिट्टी से चूना निष्कासन को बढ़ा देता है। चिकनी मिट्टी द्वारा अमोनियम शोषण के बाद मिट्टी के नाइट्रिफाइंग कीटाणुओं द्वारा इसका ऑक्सीकरण होता है। मिट्टी में रासायनिक क्रिया द्वारा नाइ-ट्रेट्स में बदल जाता है। यह नाइट्रेट्स पौधों की जड़ के द्वारा ग्रहण किया जाता है। अधिकतर नाइट्रेट्स जल द्वारा बहिष्कृत हो जाता है। अमोनियम भस्म पौधे की जड़ द्वारा बिना किसी नाइट्रीकरण (Nitrification) के शोषण किया जा सकता है।

नाइट्रेट ऑफ सोडा

यह भी एक लाभदायक खाद है और इसके व्यवहार से पौधों द्वारा पोटैशियम का शोषण अधिक हो जाता है। नाइट्रेट की वह मात्रा जो पौधों के द्वारा शोषित नहीं होती, शीघ्र ही वर्षा द्वारा मिट्टी के नीचे छनकर चली जाती है। कैलसियम नाइट्रेट और कैलसियम सायनामाइड़ दोनों में कैलसियम होने से इनका प्रयोग कैलसियम की मात्रा को मिट्टी में अधिक कर देता है। ये मिट्टी के कण को लोष्टित (flocculate) करते हैं। नाइट्रेट पौधों द्वारा शीघ्र शोषित होता है। सायनामाइड द्वारा मिट्टी में बहुत-से रासायनिक परिवर्त्तन होते हैं, पर बाद में यह नाइट्रेट में बदल जाता है, जो नीचे के समीकरण से मालूम होगा।

$$CaCN_2 + 3H_2O = CO\begin{matrix} \nearrow NH_2 \\ \searrow NH_2 \end{matrix} + Ca(OH)_2$$

Urea calcium HO. hydrate.

$$CO\begin{matrix} \nearrow NH_2 \\ \searrow NH_2 \end{matrix} + 2H_2O = (NH_4)_2CO_3$$

(urea) Ammonium carbonate.

$$NH_3 + 2O_2 = HNO_3 + H_2O$$

$$2HNO_3 + CaCO_3 = Ca(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O$$

(chalk) (Calcium Nitrate or Nitrate of lime)

नाइट्रोजन युक्त उर्वरकों का क्रय

रासायनिक खाद या उर्वरक (फर्टिलाइजर) को खरीदने के लिए यह जानना होगा कि इसमें कितना प्रतिशत नाइट्रोजन है। नाइट्रेट ऑफ सोडा में १५.५ प्रतिशत नाइट्रोजन रहता है। अतः एक टन उर्वरक में—

$$\frac{१५.५ \times २२४०}{१००} = \text{पौन्ड नाइट्रोजन होगा।}$$

अथवा

१५.५ × २२.४ अथवा २२.४ × १५.५ = पौन्ड नाइट्रोजन होगा।

उर्वरक में २२.४ पौन्ड या एक टन का १/१०० वाँ भाग इकाई (unit) कहा जाता है। अतः नाइट्रेट ऑफ सोडा के एक टन में १५.५ गुणक इकाई नाइट्रोजन रहता है।

इसी तरह २०.६ प्रतिशत नाइट्रोजन वाले अमोनियम सल्फेट के एक टन में २०.६ इकाई नाइट्रोजन रहता है। उस इकाई अर्थात् २२.४ पौन्ड नाइट्रोजन की कीमत एक टन में वर्तमान इकाई से भाग देने पर मालूम होगी। अतः नाइट्रोजन की उतनी ही तौल की कीमत से दूसरे उर्वरक की तुलना की जा सकती है।

खाद का चुनाव (Choice of fertilisers)

अगर मिट्टी में उचित मात्रा में चूना है तो उस मिट्टी के लिए अमोनियम सल्फेट सभी तरह के अन्न उपजाने के लिए उपयुक्त होगा। मिट्टी में चूने का अभाव होने पर नाइट्रो चाक और कैलसियम सायनामाइड उपयुक्त होगा। उर्वरक बीज बोने के कुछ समय पहले ही देना चाहिए। नाइट्रेट उर्वरक उस समय देना चाहिए, जब खाद की आवश्यकता शीघ्र हो।

खाद का वह भाग जो पौधों के द्वारा ग्रहण नहीं किया गया है, अन्त में जल में विलीन होकर बाहर निकल जाता है। यह ध्यान में रखना चाहिए कि नाइट्रोजन-युक्त खाद बड़ी सावधानी से व्यवहार की जाय। इसमें से कुछ वर्ग की खाद शुद्ध रासायनिक तत्त्व हैं। खास कर अमोनियम सल्फेट और नाइट्रेट आफ सोडा।

व्यापारिक खाद कितनी शुद्ध रहती है?

रासायनिक विश्लेषण से यह देखा जा सकता है कि अमोनियम सल्फेट का परमाणु-भार १३२ है और इसमें ३२ भाग नाइट्रोजन शामिल है।

$(NH_4)SO_4$ = १३२.१ परमाणु भार : शुद्ध अमोनियम सल्फेट।

इसमें नाइट्रोजन २४ × १००/१३२ (या) २१.२ प्रतिशत होगा।

व्यापारिक अमोनियम सल्फेट में २०.६ प्रतिशत नाइट्रोजन होगा।

अतः इसकी शुद्धता २०.६ × १००/२१.२ अर्थात् ९७.१ प्रतिशत हुई। नाइट्रेट आफ सोडा का सूत्र $NaNO_3$ है। इसका परमाणु-भार २३+१४+४८ अथवा ८५ है। १४ हिस्सा नाइट्रोजन है। अतः १०० हिस्सा में १४ × १००/८५ या १६.४७ हिस्सा नाइट्रोजन रहता है। व्यापारिक नाइट्रेट आफ सोडा में १५.५ प्रतिशत नाइ-ट्रोजन रहता है। अतः इसकी शुद्धता १५.५ × १००/१६.४७ या ९४.१ प्रतिशत है।

तीसरा परिच्छेद

फास्फेटिक खाद और इनका मिट्टी पर प्रभाव

फास्फेट तत्त्व पौधों को विलयन की अवस्था में मिलता है। यह जड़ को मजबूत बनाता है तथा उसे आगे बढ़ने में सहायता देता है। जब फास्फेट नाइट्रोजन के साथ दिया जाता है तब पत्तों को बढ़ने में सहायता मिलती है। मुख्य फास्फेटिक खादें नीचे दी जाती हैं।

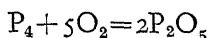
खनिज फास्फेट—(Mineral phosphate), सुपर फास्फेट (super phosphate of lime), बेसिक स्लैग (Basic slags), हड्डी की खाद (Bone manure), एमोनियम फास्फेट (Ammonium phosphate)।

१. खनिज फास्फेट

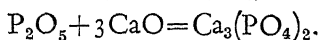
यह संसार के बहुत-से हिस्सों में पाया जाता है। उत्तरी अफ्रीका का फास्फेट ट्यूनिसिया से आता है जो गैफ्सा (Gafsa) में प्रचुर मात्रा में मिलता है। यह अमेरिका के फ्लोरिडा (Florida), प्रशान्त सागर के नारू (Nauru) और क्रिसमस (Christmas) द्वीप तथा मिस्र और वेस्ट इन्डीज़ में पाया जाता है। यह भारतवर्ष में सिंहभूमि में प्रचुर मात्रा में पाया जाता है। यह फास्फेट पृथ्वी के नीचे जीवित पदार्थों से फौसिल (Fossil) के रूप में परिवर्तित होकर उत्पन्न होता है। खनिज फौस्फेट में मुख्यतः Ca_3PO_4 प्रचुर मात्रा में कैलसियम कार्बोनेट के साथ ट्री कैलसियम फास्फेट के रूप में रहता है। उत्तरी अफ्रीका में यह फास्फेट संसार के और भागों से अधिक मात्रा में मिलता है। यह अम्ल में अधिक विलयनशील है। उन प्रदेशों में जहाँ वर्षा अधिक होती है, चरागाहों में घास की उपज के लिए यह फास्फेट अधिक उपयुक्त है। खनिज फास्फेट चूर्ण के रूप में बनाया जाता है। यह फास्फेट जल में विलयनशील नहीं है, परन्तु कार्बन-डाई-ऑक्साइड वाले जल में अधिक विलयनशील है। घास वाले मैदान में कैलसियम कार्बोनेट, जो इस फास्फेट में उपस्थित रहता है, अम्लता को कम करता है और पौधों के लिए फास्फेट बराबर प्राप्य रहता है।

फास्फोरिक अम्ल में फास्फेट प्रचुर मात्रा में रहता है। गेफ्सा (Gafsa) के फास्फेट में २५ प्रतिशत तथा नारू (Nauru) के फास्फेट में ३७ प्रतिशत फास्फोरिक अम्ल रहता है। नाइट्रोजन युक्त खाद में नाइट्रोजन की मात्रा खाद में, उसके प्रतिशत अंश पर निर्धारित की जाती है, तथा उस आँकड़े पर कीमत की जाँच की गयी है, पर फास्फोरिक खाद में एक दूसरी ही प्रथा अपनायी गयी है। इस खाद में प्रतिशत फास्फोरिक अम्ल अथवा प्रतिशत फास्फोरस ऑक्साइड (P_2O_5) पर खाद की उत्तमता निर्भर है।

फास्फोरिक खाद को बेचने वाला प्रतिशत फास्फोरिक एसिड (P_2O_5) अथवा इसके ही समान मात्रा में फास्फेट ऑफ लाइम $Ca_3(PO_4)_2$ की मात्रा बतला देता है। हम इसे सुगमतापूर्वक समझ सकेंगे, यदि हम यह जान लें कि ६२ हिस्सा फास्फेट का भार ८० हिस्सा ऑक्सिजन के भार से मिलकर १४२ हिस्सा फास्फोरिक अम्ल (P_2O_5) बनाता है। भार के अनुसार १४२ भाग फास्फोरिक ऐसिड १६८ भाग चूना में मिलने के योग्य है, जिससे ३१० भाग फास्फेट ऑफ् लाइम (Phosphate of lime) बनता है। निम्नलिखित समीकरण से यह सिद्ध हो सकता है—

$$P_4 + 5O_2 = 2P_2O_5$$

फास्फोरस के १२४ भाग से······ फास्फोरिक अम्ल का २८४ भाग बनता है

" " ६२ " "······ " " " १४२ " " "

$$P_2O_5 + 3CaO = Ca_3(PO_4)_2.$$

फास्फोरिक अम्ल का	चूने का	कैलसियम फास्फेट का
१४२ वाँ भाग	१६८ वाँ भाग	३१० वाँ भाग

अतः यह देखा गया है कि फास्फोरस का ६२ भाग १४२ भाग फास्फोरिक एसिड उत्पन्न कर सकता है और उससे ३१० भाग फास्फोरस ऑफ लाइम (calcium phosphate) उत्पन्न होता है। अतः एक भाग फास्फोरस, फास्फोरिक का २.२ वाँ भाग और फास्फेट ऑफ लाइम का ५ भाग उत्पन्न कर सकेगा। एक भाग फास्फोरिक एसिड ५/२.२९ या २.१८ भाग फास्फेट ऑफ लाइम उत्पन्न करता है। उत्तरी अफ्रीका के गेफ्सा के फास्फेट में २६ प्रतिशत फास्फोरिक एसिड रहता है, जो कि २६×२.१८ यानी ५६.७ प्रतिशत फास्फेट ऑफ लाइम के बराबर होता है। यह और भी लाभदायक हो सकता है यदि इसे एक चलनी से छानकर बारीक कर दिया जाय। शनैः-शनैः शोषित होनेवाली खाद अर्थात् खनिज फास्फेट की उपयोगिता उसके बारीक भागों पर निर्भर करती है। ये बारीक कण चिकनी मिट्टी के समान बारीक नहीं होते। ये सूक्ष्म बालू के कण के समान होते हैं।

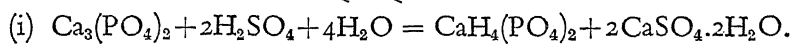
२· सुपर फास्फेट (Super Phosphate,)

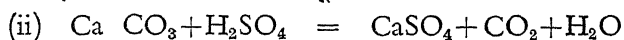
यह फास्फेट जो खनिज फास्फेट से तैयार किया जाता है, जल में विलयनशील है, अतः यह पौधों को जल्दी ही प्राप्त हो जाता है। यह सभी देशों में प्रचुर मात्रा में तैयार किया जाता है।

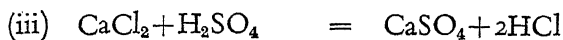
बनावट

खनिज फास्फेट को पीसकर बारीक बनाया जाता है और एक सीसे (Lead) के पात्र में रखा जाता है। उसमें प्रचुर मात्रा में सल्फ्यूरिक अम्ल (करीब ६० प्रतिशत) दिया जाता है, जो ट्राई-कैलसियम फास्फेट को मौनो-कैलसियम (Mono calcium) फास्फेट में बदल देता है, अर्थात् दो तिहाई कैलसियम जो फास्फोरिक एसिड के साथ युक्त है, अलग हो जाता है, और दूसरे कैलसियम यौगिक, जैसे कार्बोनेट और फ्लोराइड को कैलसियम सल्फेट में बदल देता है। आवश्यक सल्फ्यूरिक अम्ल की मात्रा खनिज फास्फेट के विश्लेषण द्वारा प्राप्त की जाती है।

इसमें निम्नलिखित प्रतिक्रिया होती है—

(i) $Ca_3(PO_4)_2+2H_2SO_4+4H_2O = CaH_4(PO_4)_2+2CaSO_4.2H_2O.$

ट्राई-कैलसियम फास्फेट, सल्फ्यूरिक अम्ल, जल—मोनोकैलसियम फास्फेट, जिप्सम

(ii) $Ca\ CO_3+H_2SO_4 = CaSO_4+CO_2+H_2O$

कैलसियम कार्बोनेट, कैलसियम सल्फेट, कार्बन-डाई-ऑक्साइड़

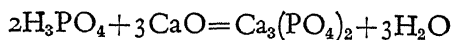
(iii) $CaCl_2+H_2SO_4 = CaSO_4+2HCl$

कैलसियम क्लोराइड हाइड्रोक्लोरिक अम्ल

(vi) $CaF_2+H_2SO_4 = CaSO_4+2HF$

कैलसियम फ्लोराइड हाइड्रोफ्लोरिक अम्ल

खनिज फास्फेट और अम्ल को मिलानेवाले डाड़ (Paddle) के द्वारा अच्छी तरह मिलाया जाता है। इसमें से अधिक ताप निकलता है। इससे कार्बन-डाई-आक्साइड, हाई-ड्रो-क्लोरिड अम्ल और हाइड्रोफ्लोरिक अम्ल आदि बिषैली गैसें निकलती हैं। कैलसियम सल्फेट, अम्ल में पानी के साथ मिलकर जिप्सम (gypsum) $CaSO_4.2H_2O$ बनाता है। जब प्रतिक्रिया खत्म हो जाती है, तब समूचा द्रव्य नीचे के चेम्बर में रख दिया जाता है। यह तत्काल ही सूखकर भूरे रंग का मोटा चूर्ण बन जाता है। यह मोनोकैलसियम फास्फेट $(CaHO_4(PO_4)_2$ जिप्सम $(CaSO_4.\ 2H_2O)$ का मिश्रण है। इसमें फास्फोरिक एसिड १८ प्रतिशत रहता है। बचे हुए ८२ प्रतिशत में

जब फास्फोरिक अम्ल चूने के तीन भागों के साथ मिलाया जाता है, यह बिलकुल उदासीन हो जाता है और ट्राई-कैलसियम फौसफेट बनाता है। यह पानी में विलयनशील नहीं होता।

$$2H_3PO_4 + 3CaO = Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2O$$

ट्राई-कैलसियम फास्फेट

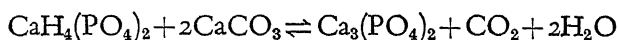
इस प्रकार हम दो फास्फेट ऑफ लाइम बना सकते हैं, जिनमें एक पानी में विलयनशील है।

मिट्टी में सुपर फास्फेट का परिवर्तन

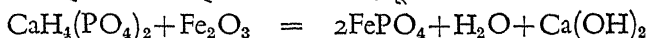
अब हम इस पर विचार करते हैं कि सुपर फास्फेट को मिट्टी में देने से क्या परिवर्तन होता है। एक अम्ल के नाते यह मिट्टी में उसके क्षारीय द्रव्यों के साथ मिल सकता है। कैलसियम कार्बोनेट ही मुख्य द्रव्य है, जिसके साथ मिट्टी में इसकी प्रतिक्रिया हो सकती है और दूसरा द्रव्य लोहा तथा एल्यूमिनियम ऑक्साइड है। अम्ल फास्फेट तथा मोनो-कैलसियम फास्फेट कैलसियम कार्बोनेट के साथ मिलकर डाईकैलसियम (Dicalcium) और ट्राई-कैलसियम (Tricalcium) फास्फेट बनता है, जो पानी में विलयनशील नहीं है।

$$CaH_4(PO_4)_2 + CaCO_3 \rightleftharpoons Ca_2H_2(PO_4)_2 + CO_2 + H_2O$$

मोनो-कैलसियम फास्फेट डाइ-कैलसियम फास्फेट

$$CaH_4(PO_4)_2 + 2CaCO_3 \rightleftharpoons Ca_3(PO_4)_2 + CO_2 + 2H_2O$$

मोनो-कैलसियम फास्फेट ट्राई-कैलसियम फास्फेट

इससे यह प्रकट होता है कि जल में विलयनशील फास्फेट के बनाने में जो क्रिया की गयी है, उसके ठीक विपरीत क्रिया कैलसियम युक्त मिट्टी में मोनो-कैलसियम फास्फेट के प्रयोग से होती है। मिट्टी में जो फास्फेट तैयार हुआ है वह बहुत ही छोटे-छोटे कणों के रूप में है और वह पौधों के लिए बहुत धीरे-धीरे प्राप्त हो सकता है। यदि मिट्टी में कैलसियम कार्बोनेट की मात्रा थोड़ी है तब सुपर फास्फेट की दूसरे तत्त्वों से प्रतिक्रिया होगी, जैसे लौह ऑक्साइड तथा एल्यूमिनियम ऑक्साइड।

$$CaH_4(PO_4)_2 + Fe_2O_3 = 2FePO_4 + H_2O + Ca(OH)_2$$

मोनोकैलसियम फौसफेट कैलसियम हाइड्रेड

इस क्रिया द्वारा लौह और एल्यूमिनियम का फास्फेट तैयार हो जाता है। वह मिट्टी के जल में बहुत थोड़ी मात्रा में विलयनशील है। यह परिवर्त्तन बहुत ही स्थायी होता है

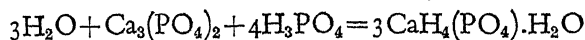
तथा इस क्रिया द्वारा मिट्टी में बहुत-सा सुपर फास्फेट अप्राप्य हो जाता है। यह अप्राप्यता तब तक रहेगी जब तक मिट्टी में चूना नहीं दिया जाय, और जब तक चूना, लौह तथा एल्यूमिनियम फास्फेट को कैलसियम फास्फेट में नहीं बदल दे। हम यह पाते हैं कि रासायनिक परिवर्त्तन सुपर फास्फेट को अविलयनशील बना देता है तथा मिट्टी में उस को पौधों के लिए अप्राप्य कर देता है। नियम के अनुसार प्रथम वर्ष में सिर्फ २५ प्रतिशत जल में विलयनशील फास्फेट पौधों के लिए प्राप्य है, शेष फास्फेट प्राप्य नहीं होता और जल द्वारा बहिष्कृत भी नहीं होता। यह मिट्टी में ही रहता है और धीरे-धीरे पौधों की जड़ों द्वारा शोषित होता रहता है। फास्फेट की अप्राप्यता को कम करने के लिए सुपर फास्फेट को दानेदार (granular) बनाया जाता है। यद्यपि सुपर फास्फेट एक अम्ल है पर यह मिट्टी को आम्लिक नहीं बनाता, क्योंकि खाद का आम्लिक गुण मिट्टी में स्थित क्षारीयता द्वारा उदासीन हो जाता है। वास्तव में यह मिट्टी के आम्लिक गुण को कम करता है, क्योंकि सुपर फास्फेट में कैलसियम सल्फेट की मात्रा अधिक है।

मिट्टी पर इस खाद का क्या असर पड़ता है ?

यह विलयनशील चूने का सल्फेट है, इसलिए कलिल के विलयन में परिवर्तन लाता है। कैलसियम चिकनी मिट्टी के कलिल (कोलायड) पर मैंगनीशियम और सोडियम को रूपान्तरित करता है। पोटैशियम अप्राप्य हो जाता है। कलिल पर कैलसियम की मात्रा बढ़ती है, जिसके कारण मिट्टी पर सुपर फास्फेट का कोई बुरा परिणाम नहीं होता। यह कलिल का लोष्टन (flocculaton) करता है और मिट्टी के विन्यास (structure) को दानेदार बना देता है।

३ ट्रिपिल सुपर फास्फेट

खनिज फास्फेट को सलफ्यूरिक अम्ल के बदले फास्फोरिक अम्ल के साथ प्रतिक्रिया करने से एक फास्फोरिक खाद तैयार होती है, जिसे ट्रिपिल सुपर फास्फेट कहते हैं और जिसमें फास्फेट अधिक मात्रा में पौधों के लिए प्राप्य है।

$$3H_2O + Ca_3(PO_4)_2 + 4H_3PO_4 = 3CaH_4(PO_4).H_2O$$

ट्राई-कैलसियम फास्फेट, फास्फोरिक अम्ल, मोनो-कैलसियम फास्फेट

इसमें मोनो-कैलसियम फास्फेट भी सम्मिलित रहता है। इसमें ४८ प्रतिशत विलयनशील फास्फोरिक अम्ल (P_2O_5) रहता है।

सुपर फास्फेट की बिक्री

खाद खरीदनेवाला यह जानना चाहता है कि अमुक खाद में फास्फोरिक अम्ल (P_2O_5) की इकाई की मात्रा कितनी है। एक इकाई फास्फोरिक एसिड एक टन का १/१०० वाँ भाग या २२.४ पौंड होता है। इसका मूल्य प्रति टन के मूल्य पर, खाद के प्रतिशत फास्फोरिक अम्ल से भाग देकर निकाला जा सकता है। अतः यदि १८ प्रतिशत फास्फोरिक अम्ल वाला सुपर फास्फेट ४५ रुपया प्रति टन बेचा जाय तो २२.४ पौंड या एक इकाई फास्फोरिक ऐसिड की कीमत होगी—

४५/१८ रुपया, अर्थात् २ रु० ८ आना या २.५० नये पैसे हुए।

बेसिक सुपर फास्फेट

यह सुपरफास्फेट चना और सुपर फास्फेट का मिश्रण है। यह डाइ-कैलसियम फास्फेट के साथ कैलसियम सल्फेट का मिश्रण हो सकता है, अथवा ट्राई-कैलसियम फास्फेट तथा कैलसियम सल्फेट का मिश्रण हो सकता है। यह चूने की मात्रा पर निर्भर करता है।

बेसिक स्लैग और हड्डी की खाद——

बेसिक स्लैग—यह फास्फोरिक खाद इस्पात की उत्पादन-क्रिया में अन्य पदार्थों के साथ निकलती है। इस्पात ढलवाँ लोहे से बनाया जाता है। ढलवाँ लोहा कोयले में कच्चे लोहे को गला कर ब्लास्ट भट्ठी में बनाया जाता है। कच्चे लोहे में लौह ऑक्साइड (Fe_2O_3) या लौह कार्बोनेट तथा कुछ खनिज की अन्य वस्तुएँ मिली रहती हैं। सदियों से दबी हुई जानवरों की हड्डियाँ मिट्टी से मिल जाती हैं। अतः कच्चे लोहे में छोटी मात्रा में फास्फेट ऑफ लाइम मिला रहता है।

ढलवाँ लोहे का निर्माण—ब्लास्ट भट्ठी में गलाने की क्रिया के लिए कच्चे लोहे तथा कोयले को भट्ठी के ऊपर डाला जाता है तथा नीचे से गरम हवा प्रवेश करायी जाती है। अपचायक (Reducing) गैस, मुख्यतः कार्बन मोनोक्साइड (carbon monoxide), जो कोयले के जलने से उत्पन्न होती है, लौह ऑक्साइड का अपचयन करके लोह को निकाल देती है। यह लोह जो तरल अवस्था में रहता है, बहकर फरनेस के नीचे गर्त में जमा हो जाता है। सिलिकन (Silican), फास्फोरस और सल्फर का यौगिक भी अपचित (Reduced) हो जाता है और तत्पश्चात् सिलिकन, फास्फोरस तथा सल्फर ३ प्रतिशत कार्बन के साथ ढलवाँ लोहे में पाया जाता है। फलस्वरूप ढलवाँ लोहा बिल्लौर (crystalline) के समान स्वच्छ हो जाता है। यह मुलायम होता है तथा तोड़ा जा सकता है।

तरल लोहे के ऊपर तरल स्लैग जमा हो जाता है। खाद के रूप में स्लैग की कोई कीमत नहीं है। इसे सीमेंट और सड़क बनाने कामों में लाया जाता है।

ढलवाँ लोहे के विश्लेषण		ब्लास्ट फरनेस के स्लैग का विश्लेषण	
C=	३.१३	SiO_2=	२९.९२
Si=	१.७२	Al_2O_3=	२१.७०
Mn=	०.५४	FeO=	०.३२
P=	०.६८	MnO=	०.८०
S=	०.०४	CaO=	३८.७२
Fe=	९३.८९	MgO=	६.१०
		P_2O_5=	०.०७
		S=	१.६१

इस्पात का निर्माण तथा बेसिक स्लैग

ढलवाँ लोहे को इस्पात में बदलने के लिए प्रायः आधा कार्बन तथा सिलिकन, फास्फोरस और सलफर का सभी भाग अलग कर दिया जाता है। इन सभी तत्त्वों का ऑक्साइड आम्लिक है। यदि इन तत्त्वों का ऑक्सीकरण क्षारीय पदार्थों के साथ किया जाय, तब ये सभी ऑक्साइड क्षार के साथ प्रतिक्रिया करके यौगिक बनायेंगे और लोहे को छोड़ देंगे। लोहे में कुछ कार्बन रह जायगा। यह लोहा शीघ्रतापूर्वक टूट नहीं सकता और अधिक मजबूत होगा। इसे स्टील या इस्पात कहते हैं। इस्पात बेसेमर (Bessemer) पद्धति या ओपेनहार्थ (Open Hearth) पद्धति से बनाया जाता है। बेसेमर पद्धति में गला हुआ ढलवाँ लोहा बेसेमर "कनवर्टर" में डाला जाता है। यह कनवर्टर (Converter) धातु की एक बड़ी भट्ठी है जो अंडे के आकार की होती है तथा एक धुरी पर स्थित रहती है। इसके भीतरी भाग में चूने का पत्थर पंक्तियों में जड़ा रहता है और गरम हवा का झोंका उसके नीचे दिया जाता है। आधे घंटे के अन्दर सल्फर, कार्बन, फास्फोरस और सिलिकन ऑक्सिजन से मिल जाते हैं। कुछ कार्बन कार्बन मोनोक्साइड में और कुछ सल्फर डाई-ऑक्साइड में बदल जाता है। कुछ कार्बन तब भी इस्पात में मिला रहता है। फास्फोरस तथा सिलिकन चूने के साथ मिल जाता है औंर स्लैग बन जाता है। तब स्लैग बाहर निकालकर ठंडा कर लिया जाता है। अधिक मात्रा में चूना होने के कारण ही स्लैग में क्षारीयता रहती है। इसमें लौह सिलिकेट और कुछ मात्रा में चूने का सल्फाइड शामिल रहता है। ढलवाँ लोहे से फास्फोरस कम मात्रा में निकाला जाता है, परन्तु उसमें चूने की मात्रा अधिक रहती है।

इस कारण उदासीन ट्राइ-कैलसियम फास्फेट [$Ca_3(PO_4)_2$] के बनने में जितना आवश्यक है, उससे कहीं अधिक कैलसियम पाया जाता है। परिणाम यह होता है कि एक प्रकार का फास्फेट, जिसमें चूना अधिक होता है और जिसका नाम टेट्रा कैलसियम फास्फेट (Tetra calcium phosphate) ($Ca_4P_2O_8$) है; बन जाता है। इसके साथ-साथ सिलिकेट फास्फेट भी बनता है, जिसका रासायनिक सूत्र ($5CaO$, P_2O_5, SiO_2) है। ये दोनों बेसिक फास्फेट हैं और आम्लिक फास्फेट, जैसे सुपर फास्फेट, या उदासीन फास्फेट या ट्राई-कैलसियम फात्फेट से भिन्न होते हैं।

वह स्लैग जो इकट्ठा किया जाता है, काला, भूरा और भारी चूर्ण होता है। इसमें १८% फास्फोरिक अम्ल (P_2O_5) तथा ८०% चूना रहता है। चूना अलग नहीं रहता, वरन् यह सिलिकेट और फास्फेट से मिला रहता है।

बेसिक स्लैग में फास्फेट पानी में विलयनशील नहीं होता। यह पानी में तब विलयनशील होता है जब इसमें कार्बन-डाई-ऑक्साइड या अम्ल का विलयन, जैसे साइट्रिक अम्ल मिलाया जाता है। जिस स्लैग का फास्फेट २% साइट्रिक अम्ल में विलयनशील होता है, वह पौधों के लिए शीघ्र प्राप्य होता है।

ओपेन हार्थ की प्रणाली

इस पद्धति में ढलवाँ लोहे को भट्ठी की सतह पर गलाया जाता है और इसमें अधिक मात्रा में कच्चा लोहा तथा चूने का पत्थर डाला जाता है। इसमें भी बेसेमर पद्धति के समान ही रासायनिक प्रतिक्रिया होती है। भेद सिर्फ इतना ही है कि इसमें ऑक्सिजन कच्चे लोहे से प्राप्त होता है। इसमें कार्बन, गंधक, फास्फोरस और सिलिकन का ऑक्सीकरण होता है। फास्फोरस तथा सिलिकन का ऑक्साइड स्लैग में रह जाता है, जब कि अधिकतर कार्बन और गंधक इसमें से निकल जाता है। इसके पश्चात् स्लैग बाहर निकाल लिया जाता है, ठंडा किया जाता है और जमा किया जाता है। ओपेन हार्थ की पद्धति के द्वारा बना हुआ स्लैग बनावट में बेसेमर के समान ही होता है, पर इसमें कम फास्फोरस अर्थात् १४% प्रतिशत फास्फोरिक अम्ल रहता है।

बेसिक स्लैग का विश्लेषण

$CaO=$	%	४१.६.	$FeO=$	%	१३.६.
$MgO=$	%	६.१.	$MnO=$	%	३.८.
$Al_2O_3=$	%	२.८.	$SiO_2=$	%	७.४.
$Fe_2O_3=$	%	८.१.	$P_2O_5=$	%	१४.४.

बेसिक स्लैग घास वाली जमीन के लिए बहुत ही लाभदायक है। चूना जो सिलिकेट ऑफ लाइम में उपस्थित रहता है, आम्लिक गुण को उदासीन कर देता है और तब फास्फेट का पानी में विलयन हो जाता है। खास कर क्लोवर (clover) नामक पौधे बेसिक स्लैग के प्रयोग द्वारा अधिक बढ़ते हैं, क्योंकि ये वायु से नाइट्रोजन लेते है। अतः मिट्टी अधिक उपजाऊ हो जाती है।

क्लोवर अथवा अन्य घास में कैलसियम, फास्फोरस और प्रोटीन अधिक रहते हैं। ये सभी पुष्टिकारक होते हैं, इसलिए ये मवेशियों के लिए हितकर भोज्य होते हैं।

दोनों विश्वयुद्धों के अन्तर्गत ब्रिटिश चरागाह में यथेष्ट मात्रा में फास्फेट का व्यवहार किया गया था। जब खेत को जोता गया तथा अनाज उत्पन्न हुआ तो इससे यह पता चला कि फसल-उत्पादन में वृद्धि हुई है। बेसिक स्लैग में जो फास्फेट की मात्रा रहती है, वह मिट्टी में स्थायी रूप से रहती है। इस खाद के फास्फेट का अवशेश खेत में रह जाता है जो आनेवाली फसलों के लिए अनेक वर्ष तक लाभदायक होता है। यह सारणी सं० ६८ में दिखाया गया है। इस सारणी में यह देखा जा सकता है कि नाइट्रोजन युक्त खाद अर्थात् सल्फेट आफ अमोनिया एक ही फसल के बाद मिट्टी से निःशेषित (exhausted) हो जाती है। पर बेसिक स्लैग और खनिज फास्फेट जोतनेवाली जमीन में तीन वर्ष तथा घासवाली जमीन में सात वर्ष तक निःशेषित नहीं होते।

सारणी में यह बतलाया गया है कि प्रत्येक खाद का निःशेषण (रेचन, उत्स्रावण) मिट्टी से प्रत्येक वर्ष में कितना होता है।

५ः हड्डी की खाद (Manure of Bone)

हड्डी कठोर होती है और शीघ्र पीसी या तोड़ी नहीं जा सकती। कुछ समय तक भाप की क्रिया करने से हड्डी नरम हो जाती है और उसको हम सुगमतापूर्वक तोड़कर बारीक बुकनी कर सकते हैं। भाप की क्रिया से कोलाजेन (collagen) नामक पदार्थ निकलता है, जिससे सरेस या सरेस जैसा पदार्थ बनाया जा सकता है। हड्डी से चर्बी भी निकलती है। चर्बी साबुन के कारखाने में भेज दी जाती है। इन सबको निकालने के बाद हड्डी पीसी जाती है। उससे एक चूर्ण बनता है, जिसे हड्डी का चूर्ण (Bone meal) कहते हैं। इसके कुछ हिस्से में कोलाजेन रहता है, पर अधिक भाग में उदासीन ट्राई-कैलसियम फास्फेट सम्मिलित रहता है। नियम के अनुसार हड्डी के चूर्ण में ३.५ प्रतिशत से ५ प्रतिशत तक नाइट्रोजन और २० प्रतिशत से

सारणी संख्या ६८

खाद का नाम	जोती हुई जमीन			घास वाली जमीन						
	प्रथम फसल के बाद	द्वितीय फसल के बाद	तृतीय फसल के बाद	प्रथम फसल के बाद	द्वितीय फसल के बाद	तृतीय फसल के बाद	चौथी फसल के बाद	पांचवीं फसल के बाद	छठी फसल के बाद	सातवीं फसल के बाद
१. सुपर फास्फेट	२/३ हिस्सा	१/३ हिस्सा	१/६ हिस्सा	२/३ हिस्सा	१/३ हिस्सा	१/६ हिस्सा	—	—	—	—
२. वेसिक स्लैग	२/३ ,,	१/३ ,,	१/६ ,,	७/८ ,,	३/४ ,,	५/८ ,,	१/२ ,,	३/८ ,,	१/४ ,,	१/८ ,,
३. खनिज फास्फेट	२/३ ,,	१/३ ,,	१/६ ,,	७/८ ,,	३/४ ,,	५/८ ,,	१/२ ,,	३/८ ,,	१/४ ,,	१/८ ,,
४. वाष्प से क्रियान्वित हड्डी की खाद (चूर्ण)	२/३ ,,	१/३ ,,	१/६ ,,	२/३ ,,	१/२ ,,	१/३ ,,	१/६ ,,	—	—	—
५. विलयन किया हुआ हड्डी का चूर्ण	१/२ ,,	१/४ ,,	१/१२ ,,	१/२ ,,	१/४ ,,	१/१२ ,,	—	—	—	—
६. सल्फेट ऑफ अमोनिया	नहीं रहता	नहीं रहता	नहीं रहता	नहीं रहता	नहीं रहता	नहीं रहता	नहीं रहता	नहीं रहता	नहीं रहता	नहीं रहता
७. केनिट	१/२ हिस्सा	१/४ हिस्सा	—	१/२ हिस्सा	१/४ हिस्सा	—	—	—	—	—
८. पोटाश का भस्म	१/२ ,,	१/४ ,,	—	१/२ ,,	१/४ ,,	—	—	—	—	—

२५ प्रतिशत तक फास्फोरिक अम्ल रहता है। कोलाजेन शीघ्र ही मिट्टी में सड़ जाता है और नाइट्रोजन उत्पन्न करता है। इसका फास्फेट बहुत धीरे-धीरे मिट्टी के पानी में विलयनशील होता है। इससे मुख्यतः दो तरह की खाद पैदा होती है; पहली नाइ-ट्रोजन और दूसरी फास्फेट। यही कारण है कि उद्यानवेत्ता (Horticulturists) इसकी अधिक माँग करते हैं। जितना महीन इसे पीसा जायगा, उतनी ही यह लाभप्रद होगी। हड्डी के सुन्दर चूर्ण को पीसने में बहुत-सा कोलाजेन बाहर हो जायगा। इसे अधिक गरम भाप के द्वारा फिर चूर्णित किया जाता है। पीसने के बाद जो चूर्ण बनता है उसे 'वाष्पीय हड्डी का चूर्ण' (steamed bone flour) कहते हैं। इस पदार्थ में १ से २ प्रतिशत नाइट्रोजन तथा २५ से ३२ प्रतिशत तक फास्फोरिक अम्ल रहता है। यह खाद के रूप में व्यवहार करने में बहुत कीमती पड़ सकता है, क्योंकि मवेशी के खाद्य पदार्थ में भी इसकी आवश्यकता होती है।

गली हड्डी (Dissolved-Bone)

इसमें भी सुपर फास्फेट के समान ही रासायनिक परिवर्तन होता है। वास्तव में इसे हड्डी का सुपर फास्फेट कहते हैं। इसका निर्माण हड्डी या हड्डी के चूर्ण में सल्फ्यूरिक अम्ल मिलाने से होता है। हड्डी तथा खनिज फास्फेट में ट्राई-कैलसियम फास्फेट रहता है। इस कारण सल्फ्यूरिक अम्ल के साथ इसकी प्रतिक्रिया होती है और इसके फलस्वरूप यह विलयनशील फास्फेट बनता है। अम्ल की क्रिया द्वारा हड्डी का नाइट्रोजन अलग नहीं होता। इसका कुछ हिस्सा प्राप्त हो सकता है। किन्तु शेष नाइट्रोजन का भाग धीरे-धीरे नाइट्रोजन के यौगिक का विच्छेदन होने से प्राप्त हो सकता है। विलयनशील हड्डी में २ से ३ प्रतिशत नाइट्रोजन तथा १५ से १६ प्रतिशत विलयनशील फास्फोरिक अम्ल एवं कुछ अविलयनशील फास्फोरिक अम्ल रहता है।

६. मछली की खाद (Fish guano.)

मछली का वह भाग, जो भोजन के काम में नहीं आता, सुखाकर एक चूर्ण के रूप में जमा किया जाता है। इस पदार्थ में ७ से ९ प्रतिशत यौगिक प्रोटीन के रूप में नाइ-ट्रोजन और ७ से ९ प्रतिशत विलयनशील फास्फोरिक अम्ल रहता है। नाइट्रोजन और फास्फेट दोनों हो धीरे-धीरे पौधों के लिए प्राप्त होते रहते हैं।

चौथा परिच्छेद

पोटाशीय (Potassic) खाद और उसका मिट्टी पर प्रभाव

यह बताया जा चुका है कि नाइट्रोजन युक्त खाद पत्ते को बढ़ाती तथा मजबूत करती हैं। पत्तों में हरे रंग का पदार्थ या क्लोरोफिल सूर्य-किरण द्वारा कार्बन-डाई-आक्साइड तथा जल को शर्करा में परिणत कर देता है और इसके बाद वह स्टार्च तथा सेलूलोज (cellulose) में परिवर्त्तित हो जाता है। इस क्रिया के लिए पोटाश आवश्यक है। पौधों की वृद्धि तथा पौष्टिक उत्पादन के लिए नाइट्रोजन तथा पोटाश दोनों का रहना आवश्यक है। नीचे कुछ पोटाश युक्त खादों के नाम और विवरण दिये जाते हैं।

१. सल्फेट आफ पोटाश—(K_2SO_4)—	४८.६	प्रतिशत पोटाश
२. पोटाशियम क्लोराइड—(KCl)	६०.०	,, ,,
३. केनिट—(Kainit)—	१४.०	,, ,,
४. पोटाश लवण— (Salt)	३०.०	,, ,,
५. निम्नस्तर का पोटाश लवण	२०.०	,, ,,

पोटाशयुक्त खाद की बनावट

पोटाश मुख्यतः स्टासफर्ट (Stassfurt) की खान में पाया जाता है और इसका लवण फिलस्तीन के समुद्र में, जिसका नाम" डेड सी" है, पाया जाता है। डेड सी में, वर्षा कम होने के कारण, वाष्पीकरण अधिक होता है, इस कारण से लवण की मात्रा इस समुद्र में अन्य समुद्रों की अपेक्षा अधिक पायी जाती है। वाष्पीकरण द्वारा जल-निष्कासन करके लवण जमा किया जाता है। इस लवण से प्रभाजन (Fractionaton) क्रिया द्वारा पोटाश का लवण निकाला जाता है। स्टासफर्ट में पोटाश का लवण समुद्र-जल के वाष्पीकरण द्वारा जमा हुआ है। वहाँ पर अतीत काल में समुद्र का जल रहा होगा। यह एक रासायनिक नियम है कि वह पदार्थ जो अधिक विलयनशील नहीं है, पहले अलग हो जाता है, और जो अधिक विलयनशील है, वह पीछे प्राप्त होता है। यही कारण है कि

स्टासफर्ट की खान में नीचे की सतह में कैलसियम सल्फेट, जो कम विलयनशील है, पाया जाता है, और ऊपरी सतह पर अधिक विलयनशील मैगनीशियम क्लोराइड और सल्फेट पाये जाते हैं। यह धातु खान से निकाली जाती है। उसे और सब पदार्थों से अलग किया जाता है तथा पानी में विलीन किया जाता है। तत्पश्चात् उसे वाष्पीकरण क्रिया द्वारा निकाला जाता है।

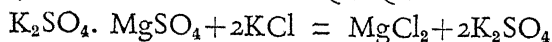
कार्नालाइट से पोटाशियम क्लोराइड का निर्माण

स्टासफर्ट की खान में कई यौगिक पाये जाते हैं, जिनमें कार्नालाइट (carnalite:- KCl, $MgCl_2$ $6H_2O$) और केनिट (Kainit–K_2SO_4, $MgSO_4$, H_2O) भी हैं। कार्नालाइट में १६ प्रतिशत पोटाशियम क्लोराइड रहता है। यह अन्य लवणों के मणिभीकरण के पश्चात् अवशेष तरल में विलयन की अवस्था में पाया जाता है। कार्नालाइट जब १५५ सें० तापमान पर यथासंभव विलयनशील हो जाता है तब इस विलयन को एक भट्ठी में ले जाया जाता है, जहाँ वह दो घंटे तक गरम किया जाता है; और दो घंटे तक छोड़ दिया जाता है। तत्पश्चात् साफ तरल विलयन एक दूसरे बर्तन में ले लिया जाता है। वहाँ यह विलयित किया जाता है और मणिभ के रूप में पोटाशियम क्लोराइड निकलता है। इसके बनाने में दो तीन रोज लग जाते हैं। मणिभ में ८० से८५प्रतिशत पोटाशियम क्लोराइड रहता है। जल से साफ करने पर यह ९० प्रतिशत हो जाता है। वाष्पीकरण के बाद भी जो तरल अवशेष रह जाता है उसमें भी अधिक कार्नालाइट रहता है। यह साफ करनेवाले जल में डाला जाता है और फिर मणिभ के रूप में पोटाशियम क्लोराइड निकाला जाता है। अन्तिम उत्पादन में ८० प्रतिशत पोटाशियम क्लोराइड रहता है।

केनिट से पोटाशियम सल्फेट का निर्माण

केनिट एक जटिल मिश्रण है, जिसमें सल्फेट तथा पोटाशियम और मैगनीशियम क्लोराइड रहता है। जब यह पदार्थ जल के साथ पीसा जाता है और यथेष्ट समय तक छोड़ दिया जाता है,तब मैगनीशियम और पोटाशियम सल्फेट मणिभ बनकर निकल जा हैं और मैगनीशियम क्लोराइड विलयन की अवस्था में रह जाता है। यदि केनिट को लवण के संतृप्त विलयन के साथ साथ २ से४वायुमण्डलीय चाप पर गरम किया जाय तो कैलसियम मैगनीशियम सल्फेट बनता है। यह अलग करके १००° पर सुखाया जाता है और फिर जल से धोने के बाद शुद्ध होता है। यह लवण १.१४२ घनत्व के पोटाशियम

क्लोराइड के साथ पीसा जाता है और तत्पश्चात् पोटाशियम सल्फेट अलग हो जाता है। यह नीचे के समीकरण द्वारा सिद्ध होता है।

$$K_2SO_4 . MgSO_4 + 2KCl = MgCl_2 + 2K_2SO_4$$

पोटाशियम मैगनीशियम सल्फेट पोटाशियम सल्फेट

साफ करने तथा सुखाने के बाद इसमें ९६ प्रतिशत पोटाश सल्फेट मिलता है। ये दोनों उर्वरक पोटाशियम सल्फेट तथा पोटाशियम क्लोराइड शुद्ध रासायनिक यौगिक हैं। पोटाशियम सल्फेट (K_2SO_4) जिसका अणुभार १७४ है, उसमें ९४ हिस्सा पोटाश (K_2O) रहता है। अतः शुद्ध सल्फेट में $\frac{९४ \times १००}{१७४}$ = ५४ प्रतिशत पोटाश रहता है। व्यापारिक सल्फेट में ४८.६ प्रतिशत पोटाश रहता है। अतः बिक्री की खाद में $\frac{४८.६ \times १००}{५४}$ = ९० प्रतिशत शुद्धता होती है।

यह पूर्ण विश्वास के साथ कहा जा सकता है कि म्यूरियेट अथवा पोटाशियम क्लोराइड में पोटाश और आक्सिजन का यौगिक नहीं रहता। इसमें ५० प्रतिशत पोटाशियम रहता है।

इसका सूत्र KCl है, अतः इसके २ अणुओं से पोटाशियम आक्साइड (K_2O) का एक अणु बनता है। $2KCl$ अथवा २(३९+३५.५) हिस्सा पोटाशियम क्लोराइड का (२×३९)+१६ हिस्सा पोटाशियम आक्साइड उत्पादित करेगा, अर्थात् १४९ हिस्सा पोटाशियम क्लोराइड ९४ हिस्सा पोटाश (K_2O) उत्पन्न करता है, अथवा १०० हिस्सा म्यूरियेट $\frac{९४ \times १००}{१४९}$ = ६३ प्रतिशत पोटाश बन सकता है। व्यापारिक खाद में ५०.४ प्रतिशत पोटाश रहता है। अतः इसमें $\frac{५०.४ \times १००}{६३}$ = ८० प्रतिशत शुद्धता रहती है।

पोटाशियम सल्फेट तथा म्यूरियेट ऑफ पोटाश के अतिरिक्त अन्य तीन प्रकार की पोटाश खाद भी पायी जाती हैं, जैसे कैनिट २० प्रतिशत पोटाश लवण और ३० प्रतिशत पोटाश लवण। ये सभी म्यूरियेट ऑफ पोटाश और साधारण नमक के मिश्रण से बनी हैं, जिन्हें सारणी ६९ में बतलाया गया है।

पोटाशीय खाद का मिट्टी पर प्रभाव

सभी पोटाश-खादें विलयनशील लवण हैं। जब ये मिट्टी में डाली जाती हैं तब मिट्टी के कोलायड पर विलयन क्रिया होती है। चिकनी मिट्टी के श्लेषाभीय कण तथा मिट्टी

के ह्यूमस में विलयनशील पोटाश लवण से पोटाश शोषण करने की शक्ति रखती है। उस समय जब पोटाशियम शोषित किया जाता है तो चिकनी मिट्टी तथा ह्यूमस-कण

सारणी संख्या ६९

	केनिट	पोटाश लवण २०%	पोटाश लवण ३०%
म्यूरियेट ऑफ पोटाश	२३.५	३३.७	४९.१
नमक	५२.५	४७.०	२५.६
मैगनीशियम सल्फेट	१०.४	६९.०	५.१
प्रत्याभूत पोटाश प्रतिशत	१४.०	२०.०	३०.०

बराबर मात्राओं में अन्य केटायन (Kation) को बहिष्कृत करते हैं। चिकनी मिट्टी के श्लेषाभ में प्रचुर मात्रा में कैलसियम रहता है और इस तत्त्व का श्लेषाभीय कण (Colloidal) पर पोटाश के साथ परस्पर विलयन होता रहता है। इस विनिमय में केटायनों (Kations) की मात्रा उनके तुल्यांक भार पर निर्भर है। पोटाशियम का ३९ भाग कैलसियम के २० भाग को, मैगनीशियम के १२ भाग को तथा सोडियम के २३ भाग को स्थानान्तरित करेगा। पोटाशियम जो विनिमय द्वारा चिकनी मिट्टी के श्लेषाभीय कण पर शोषित होता है, पौधों के लिए सुगमतापूर्वक प्राप्त होता है।

पोटाशियम की अधिकता से अधिक पोटाश चिकनी मिट्टी पर शोषित होता है और इस कारण से जिस मिट्टी में क्ले (clay, चिकनी मिट्टी) अधिक रहती है और प्रचुर मात्रा में पोटाश-लवण डाला जाता है, तब उस मिट्टी का PH क्षारीयता प्रदर्शित करता है। इस अवस्था में कण का विलोप्टन (Deflocculation) अधिक हो जाता है और इस कारण जुताई में कठिनाई पड़ती है। जड़ वाली फसल (root crops) और बन्दगोभी के समान फसलों में दूसरी खाद के अतिरिक्त पोटाश की आवश्यकता अधिक होती है। मिट्टी पर पत्तों के गिरने से भी कुछ मात्रा में पोटाश मिट्टी को प्राप्त हो जाता है।

पाँचवाँ परिच्छेद

चूना तथा चूने की यौगिक खाद और उनका मिट्टी पर प्रभाव

घास तथा बन्दागोभी, फूल गोभी, इत्यादि पौधों के लिए कैलसियम की आवश्यकता अधिक हुआ करती है। आलू के लिए एक एकड़ भूमि में लगभग ५ सेर कैलसियम ऑक्साइड या चूने का उपयोग कराना होता है, किन्तु फूलगोभी एक एकड़ भूमि में ५० सेर कैलसियम ऑक्साइड अथवा चूना ले लेती है। मिट्टी के अम्ल को कम करने के लिए चूना अथवा चूने का कोई भी यौगिक पदार्थ, जैसे आक्साइड अथवा कार्बोनेट, दिया जाता है। अमोनियम सल्फेट तथा पोटाश लवण के व्यवहार से कैलसियम के शोषण की मात्रा बढ़ जाती है, कारण इस खाद से इस मिट्टी में अम्लता आती हैं। अतः इन खादों का प्रयोग अधिक वर्षों तक होने से, मिट्टी में चूना देना आवश्यक हो जाता है, जिससे अम्लता नष्ट हो जाय।

नीचे दिये हुए कैलसियम के यौगिक पदार्थ खाद के रूप में प्रयोग किये जाते हैं।

१. चूने का पत्थर — $CaCO_3$
२. चौक (chalk) — $CaCO_3$
३. जला हुआ चूना— CaO
४. योजित (Hydrated) चूना—$Ca(OH)_2$.
५. गैस चूना (gas lime)—CaO के साथ चूने का सल्फाइड

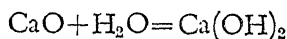
१. **चूने का पत्थर**—यह चूना कार्बोनेट के रूप में पाया जाता है। यह सबसे सस्ता चूना है। यह मिट्टी की अम्लता को ठीक करता है। इस पर जल पड़ने से ताप उत्पन्न नहीं होता। अतः यह किसी कीटाणु को नष्ट नहीं कर सकता। इसका व्यवहार अधिकतर घास उपजानेवाली भूमि पर किया जाता है।

२. **जलाया हुआ चूना** (Burnt lime or Quick lime (CaO)—यह चूना अधिक तेज है और जल के साथ मिश्रित होने से ताप उत्पन्न करता है। यह भट्टी में चूने के पत्थरों के ढेर और कोयले के साथ जलाने से प्राप्त होता है।

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

यह खुले स्थान पर ढेर लगाकर रख दिया जाता है। वर्षा, ओस तथा मिट्टी के अन्दर स्थित जल के मिश्रण से वह कैलसियम हाइड्रॉक्साइड में परिणत हो जाता है और इससे गर्मी अधिक निकलती है तथा ढेर के नीचे की मिट्टी गर्म हो जाती है और वहाँ के कीटाणु नष्ट हो जाते हैं। तत्पश्चात् इसी अवस्था में मिट्टी पर इसका प्रयोग किया जाता है। जल-योजित चूना तुरन्त ही हवा और मिट्टी से कार्बोनिक अम्ल लेकर कार्बोनेट के रूप में बदल जाता है।

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3$$

चूने के पत्थर की अपेक्षा जल-योजित चूने से अधिक लाभ होता है। किन्तु यह विवादास्पद है। जब जलाया हुआ चूना (Quick lime) भट्टी से लाकर जमा किया जाता है तब वह जलयोजित चूना (Hydrated lime) जैसा कार्य करता है।

पीसा हुआ जला चूना जमा नहीं किया जाता क्योंकि यह बहुत जल्द जल-शोषण करके गीला हो जाता है। इसके बाद यह इतना भारी हो जाता है कि बोरे भी फटने लगते हैं।

३. **जलयोजित चूना** (Hydrated lime)—यह जलाया हुआ चूना है जो जल-शोषण करने से भुरभुरा तथा भारी हो जाता है। यह बहुत दिनों तक रखा जा सकता है, किन्तु वायु में स्थित कार्बन-डाई-आक्साइड के स्पर्श से यह चाक अर्थात् कैलसियम कार्बोनेट के रूप में परिणत हो जाता है।

$$Ca(OH)_2 + H_2O + CO_2 = CaCO_3 + 2H_2O.$$

४. **गैस चूना** (Gas lime)—इसमें सल्फाइड नामक यौगिक का मिश्रण रहता है, जो पौधों के लिए हानिकारक सिद्ध हुआ है। इसे उपयोग से कुछ समय पहले ही हवा में खोलना चाहिए। यह एक निकृष्ट पदार्थ है, जो गैस से प्राप्त होता है और जो कोल गैस से गन्धक निकालने के लिए काम में आता है।

५. **निकृष्ट चूना**—चमड़े के कारखाने से जो चूना निकलता है, वह खाद के काम में आ सकता है। यह गीला होता है और प्रयोग के पहले सुखा दिया जाता है। यह चाक (chalk) के रूप में रहता है।

छठा परिच्छेद

गोबर की खाद अथवा प्रक्षेत्र खाद

खाद वास्तव में घास-भूसा तथा सभी घरेलू जानवरों के पेशाब-पैखाने को मिलाने से बनती है। यह बहुत पुरानी और निःसन्देह अब भी बहुत प्रसिद्ध खाद है।

मौलिक रूप से वनस्पति से निर्मित होने के कारण इसमें वे सभी तत्त्व निहित हैं जो स्वयं पेड़ में पाये जाते हैं।

खेत की खाद के अवयव

बड़े-बड़े घरेलू जानवरों के मल-मूत्र द्वारा निर्मित खाद अधिकांशतः तीन भिन्न प्रमुख अवयवों में विच्छेदित हो जाती है, वे हैं—विष्ठा, मूत्र तथा पुआल, जिस पर जानवर बैठते और सोते हैं। इन अवयवों में से प्रत्येक पर संक्षेप में विचार किया जा रहा है।

(१) **विष्ठा**—स्वच्छ विष्ठा में ७० से लेकर ८० प्रतिशत तक पानी की मात्रा रहती है। इसमें मवेशियों के भोजन का अविलयनशील पदार्थ तथा भोजन का वह अवशेष जो पेट में पच नहीं सका तथा साथ-साथ आँत की नलीमें पाये जाने वाले पचे हुए खाद्य पदार्थ का रस मिला हुआ रहता है। यह एक मिश्रण है; जिसमें निम्नलिखित प्रमुख वस्तुएँ हैं—पौधों के रेशे, अनपचे हुए सेल्यूलोज, चर्बी, स्टार्च, श्लेषाम तथा वाइल। इनके साथ कुछ विच्छेदित पदार्थ जैसे—इन्डोल और स्कैटोल (indole & scatole) भी है जो सड़ानेवाले जीवाणु की प्रतिक्रिया से निकलते हैं। सामान्यतः इस खाद में सम्पूर्ण मलमूत्र के नाइट्रोजन का १।३ नाइट्रोजन, पाँचवा हिस्सा पोटाश और साधारणतः सभी फास्फेरिक अम्ल रहते हैं।

स्वच्छ विष्ठा के अवयव अधिक मात्रा में विलयनशील नहीं होते और पौधों के लिए तत्काल उपयोगी नहीं है। पौधों को अधिक मात्रा में तत्त्वों को प्राप्त होने के लिए विष्ठा का सम्पूर्ण विच्छेदन आवश्यक है।

२. **मूत्र**—मूत्र में अनेक रासायनिक द्रव्य विलयन के रूप में वर्त्तमान हैं। ये द्रव्य पचे हुए तथा शरीर के मज्जा तन्तुओं से रासायनिक प्रतिक्रिया द्वारा निष्कृत पदार्थ होते हैं। इनमें ९० प्रतिशत पानी तथा ४ प्रतिशत विलयनशील द्रव्य हैं। इनमें सबसे महत्त्वपूर्ण द्रव्य यूरिया है। यूरिया (urea) एक नाइट्रोजन युक्त द्रव्य है, जिसकी उत्पत्ति रक्त में शोषित प्रोटीन से होती है। कुछ अंश में ट्रिप्सन नामक एनजाइम (Tryptic Digestion) की क्रिया से ल्यूसिन (Leucine) और टाइरोसिन (Tyrosin) नामक प्रोटीन की प्रतिक्रिया द्वारा भी यूरिया की उत्पत्ति होती है। सम्पूर्ण मूत्र का प्रायः आधा हिस्सा यूरिया रहता है। मूत्र में यूरिक (uric) तथा ह्यु्प्युरिक (Huppuric) अम्ल भी रहते हैं, जिनमें नाइट्रोजन अधिक मात्रा में रहता है। ये अम्ल सोडियम लवण के रूप में पाये जाते हैं। मूत्र में प्रायः एक प्रतिशत सोडियम क्लोराइड भी रहता है और कुछ अंशों में सोडियम कैलसियम तथा मैग्नीशियम फास्फेट और सोडियम अथवा पोटाशियम सल्फेट भी रहता है।

३. **पुआल इत्यादि**—प्रक्षेत्र खाद (field manure) की विशेषता तथा महत्त्व—पुआव मवेशियों को सोने के लिए दिया जाता है और उस पर मलमूत्र बराबर पड़ता रहता है। इस कारण यह भी खाद के रूप में व्यवहार किया जाता है। इसमें निहित द्रव्य अधिकतर पौधों के लिए अप्राप्य हैं और इस कारण इन्हें बिना सड़ाये हुए खाद के रूपमें व्यवहार नहीं किया जाता। पुआल प्रक्षेत्र खाद में उचित मात्रा में वनस्पति के अंश की वृद्धि करता है और खाद की बाहरी बनावट में सहायता पहुँचाता है।

संसार के भिन्न-भिन्न भागों में भिन्न-भिन्न प्रकार का पुआल व्यवहृत किया जाता है। आमतौर से मवेशियों के सोने के लिए अन्न के पुआल, सूखी घास, पत्तों, मक्का, ज्वार और बाजरे के डंठलों, लकड़ी के बुरादे इत्यादि का व्यवहार किया जाता है।

४. प्रक्षेत्र खाद की बनावट और रासायनिक गुण

यद्यपि प्रक्षेत्र खाद की बनावट और गुण का वर्णन करना कठिन है, फिर भी विभिन्न जानवरों के मलमूत्र के रासायनिक विश्लेषण से जो कुछ प्राप्त हुआ है, उसे जानकर हम मवेशियों द्वारा निष्कासित मल-मूत्र के आधार पर प्रक्षेत्र खाद का गुण निर्धारित कर सकते हैं। घोड़े अपने खाने की पागुर नहीं करते अतः उनके द्वारा बनी खाद मोटी और मौलिक रूप में बनी खाद, उनके खाद्य पदार्थ से समानता रखती है। यह एक स्वच्छ सूखी खाद कही जा सकती है। भेड़ों की खाद भी इसी श्रेणी में है। इन दोनों प्रकार की खादों में जल २० से लेकर ३० प्रतिशत तक रहता है।

इन दोनों जानवरों (घोड़ों तथा भेड़ों) के मलसे बनी पूर्ण प्रक्षेत्र खाद में क्रमश: ७८ और ६८ प्रतिशत जल रहता है। इसके विपरीत गाय, बैल तथा सुअर के मल से बनी खाद में ८६ और ८७ प्रतिशत तक जल पाया जाता है। गाय- बैल तथा सूअर के मल से बनी खाद अधिक भींगी होने के कारण घनी होती है। अत: वाष्प अधिक निकलने के कारण उसमें अपेक्षित रूप से विच्छेदन (De-composition) कम होता है। वह साधारणत: ठंढी अक्रिय खाद कही जाती है।

नीचे की सारणी संख्या ७० में घोड़ा, गाय, भेड़ और सुअर के मल-मूत्र से बनी प्रक्षेत्र खाद का रासायनिक गुण दिया गया है।

सारणी संख्या ७०

	मल	H_2O प्रतिशत	N. प्रतिशत	P_2O_2 प्रतिशत	K_2O के प्रतिशत
घोड़ा	८० प्रतिशत ठोस	७५	०.५५	०.३०	०.४०
	२० प्रतिशत तरलता	९०	१.३५	लेशमात्र	१.२५
	पूरी खाद	७८	०.७०	०.२५	०.५५
गाय	७० प्रतिशत ठोस	८५	०.५०	०.२०	०.१०
	३० प्रतिशत तरलता	९२	१.००	लेशमात्र	१.२५
	पूरी खाद	८६	०.६०	०.१५	०.४५
भेड़	६७ प्रतिशत ठोस	६०	०.७५	०.५०	०.४५
	३३ प्रतिशत तरलता	८५	१.३५	०.०५	२.१०
	पूरी खाद	६८	०.९५	०.३५	१.००
सूअर	६० प्रतिशत ठोस	८०	०.५३	०.५०	०.४०
	४० प्रतिशत तरलता	९७	०.५०	०.१०	०.४५
	पूरी खाद	८७	०.५०	०.३५	०.४०

सूअर को छोड़कर अन्य पशुओं की विष्ठाओं की खाद के तरल अंश में नाइट्रोजन अधिक रहता है। यदि तुलनात्मक दृष्टिकोण से देखें तो नाइट्रोजन प्रतिशत दुगुने से भी अधिक होगा। तरल पदार्थ में पोटाश भी अधिक रहता है। चारों प्रकार के जानवरों की खाद में तरल पदार्थ में १.३६ प्रतिशत पोटाश रहता है तथा ठोस पदार्थ में ०.३४ प्रतिशत पोटाश रहता है। ठोस पदार्थ में फास्फेट ही अधिक रहता है। सूअर की विष्ठा

को छोड़कर अधिकांश फास्फोरिक अम्ल ठोस विष्ठा में ही रहता है तथा थोड़े अंश में पेशाव में भी रहता है। अतः यह विदित है कि जहाँ तक पौधे के खाद-पदार्थ का प्रश्न है, तरल खाद अर्थात् मूत्र आदि, बहुत महत्त्वपूर्ण हैं। यही कारण है कि मूत्र अधिक लाभदायक होता है क्योंकि उसमें निहित पदार्थ पौधों के लिए सुगमतापूर्वक प्राप्य हैं, जैसे कि ठोस खाद में प्राप्त नहीं हो सकते।

प्रक्षेत्र खाद का रासायनिक विवरण—

खेतों पर जो प्रक्षेत्र खाद तैयार होती हैं, उसका रासायनिक और भौतिक गुण समय-समय पर बदलता रहता है। इस परिवर्त्तन के मूल कारण नीचे दिये जाते हैं।

पुआल इत्यादि का, जो जानवरों के सोने के लिए रखे जाते हैं, सामान्य परिस्थितियों में खाद के गुण पर प्रभाव अधिक पड़ता है। खाद की ठोस बनावट पर भी इसका प्रभाव अवश्य पड़ता है। निम्नलिखित विश्लेषण (सारणी सं० ७१) से विदित हो जाता है कि डंठल और अन्य उन वस्तुओं में जो व्यवहार में लायी जाती हैं तथा उनके रासायनिक गुणों में कितने परिवर्त्तन होते हैं।

सारणी संख्या ७१

भूसा	नाइट्रोजन प्रतिशत	फास्फोरिक अम्ल प्रतिशत	पोटाश प्रतिशत
गेहूँ का डंठल	०.४८	०.२५	०.९
बार्ली (जौ) के डंठल,	०.५७	०.२६	१.२
ओट के डंठल,	०.७२	०.१९	१.२
निवारिका के डंठल,	०.५७	०.२८	१.४
जीर्णका के डंठल,	२.३६	०.२०	०.१७
पत्तियाँ,	०.६५	०.१५	०.३०
चुन्नी	०.१०	०.२०	०.४०

खादों में चुन्नी की खाद बहुत कम महत्त्वपूर्ण है और वास्तव में हानिकारक ही है। इसकी शोषण शक्ति इतनी अधिक है कि विच्छेदन क्रिया कम होती है और हलकी

मिट्टी के लिए यह अत्यन्त हानिकारक है। पत्ते शीघ्र विच्छेदित होते हैं, परन्तु उपज की वृद्धि में कम सहायक होते हैं। डंठल में नाइट्रोजन अधिक नहीं है और न अधिक प्राप्य ही है।

जानवरों की श्रेणी—प्रक्षेत्र खाद के रासायनिक गुण मवेशियों की श्रेणी पर निर्भर हैं। स्टौकहार्ट ने विभिन्न मवेशियों के मलमूत्र का रासायनिक विश्लेषण किया है, जो नीचे सारणी सं० ७२ में दिया जाता है।

सारणी संख्या ७२

जानवरों के मलमूत्र का रासायनिक विश्लेषण

प्रतिशत,	विष्ठा				मूत्र			
	भेड़	सूअर	घोड़ा	गाय	भेड़	सूअर	घोड़ा	गाय
जल	५९	८०	७६	८४	८७	९८	८९	९२
ठोस पदार्थ	४२	२०	२४	१६	१४	३	११	८
क्षार (Ash)	६	३	३	३	४	१	३	२
कार्बनिक द्रव्य	३६	१७	२१	१४	१०	२	८	६
नाइट्रोजन	०.७५	०.६०	०.५०	०.३०	१.४	०.३०	१.२	०.८
फास्फोरस	०.६०	०.४५	०.३५	०.२५	०.०५	०.१२	—	—
क्षारीय पदार्थ	०.३	०.५	०.३	०.१	२.०	०.२	१.५	१.४
कैलसियम, मैग्नीसियम,	१.५	०.३	०.३	०.४	०.६	०.०५	०.८	०.१५
गन्धक	१.५	०.०५	०.०५	०.०५	०.४	०.०५	०.१५	०.१५
नमक	०.२५	०.०५	अत्यन्त कम	०.०५	०.२५	०.५	०.२	०.१
सिलिका	३.२	१.६	२.०	१.६	अत्यन्त कम	अत्यन्त कम	०.२५	०.०१

मवेशियों की आयु का प्रक्षेत्र खाद पर प्रभाव

प्रत्येक प्रकार के मवेशी भिन्न-भिन्न पदार्थों का भिन्न-भिन्न मात्रा में बहिष्कार करते हैं। इस कारणवश प्रक्षेत्र खाद की उपयोगिता में अन्तर पड़ जाता है। इनमें कुछ तो दूसरों के अपेक्षा खाद्य पदार्थ अधिक ग्रहण कर लेते हैं और फलस्वरूप इनके मल-मूत्र से जो खाद तैयार होती है, वह अधिक उपयोगी नहीं होती। यदि जानवर के शरीर में माँस की कमी है, अर्थात् हालत कमजोर है तब उसके शरीर को अच्छी और पुष्ट हालत में लाने के लिए उपयुक्त भोजन देने पर, उसके मल-मूत्र द्वारा जो खाद तैयार होगी, वह लाभदायक होगी। जब तक वह मवेशी कमजोर हालत में है, तब तक भोजन से प्रोटीन इत्यादि अधिक अपहरण होगा और उसके मल-मूत्र में, खाद के लिए लाभदायक वस्तुओं की कमी रहेगी। जबतक मवेशियों का शरीर बढ़ता रहता है, अर्थात् नयी हड्डियाँ या माँसपेशियाँ बढ़ती रहती हैं; वे पदार्थ जो इन नयी हड्डियों में या मांस-पेशियों में जाते हैं, अवश्य ही भोजन से निकलते होंगे। फलस्वरूप इनकी विष्ठा में प्रक्षेत्र खाद के लिए लाभदायक तत्त्व उन जानवरों के मल-मूत्र की अपेक्षा कम होंगे, जिन्होंने अपने शरीर की बाढ़ पूरी कर ली है।

प्रधान रूप से प्रभाव डालने वाले पदार्थ नाइट्रोजन तथा फास्फोरिक अम्ल हैं। दोनों ही हड्डियों में प्रवेश कर जाते हैं। नाइट्रोजन मांसपेशियों में भी प्रवेश करता है। अतः छोटी उम्र के जानवरों की अपेक्षा पर्याप्त खाने वाले जानवरों के द्वारा बनी प्रक्षेत्र खाद अधिक उपयोगी मानी गयी है।

जानवरों के भोजन के साथ प्रक्षेत्र खाद का सम्बन्ध

मवेशियों का भोजन यदि वनस्पति खाद्य पदार्थ से परिपूर्ण रहा और अधिक मात्रा में उन्हें ऐसा खाद्य पदार्थ भोजन के निमित्त दिया गया, जिसमें फास्फोरिक अम्ल, नाइट्रोजन और पोटाश की मात्रा अधिक है, तब उनके द्वारा बहिष्कृत (उत्सृष्ट) मलमूत्र में भी इन तत्त्वों की मात्रा अधिक होगी और इनके द्वारा बनायी गयी खाद वनस्पति-उत्पादन के लिए अत्यन्त लाभदायक होगी। जिन मवेशियों को सिर्फ डंठल, भूसा अथवा सुखाई हुई घास इत्यादि ही भोजन के निमित्त दी जायगी, उनके मल-मूत्र में नाइट्रोजन की कमी होगी, और इनके द्वारा बनायी गयी खाद में अन्नोत्पादन की शक्ति कम रहेगी। इसके ठीक विपरीत उन मवेशियों के मल-मूत्र में, जिनको गेहूँ का दला हुआ चोकर, खली, अथवा कपास का बीज, खाने को मिलता है, नाइट्रोजन की मात्रा अधिक होगी और इनके द्वारा बनी हुई खाद अत्यन्त लाभदायक होगी।

नीचे की सारणी सं० ७३ में मवेशियों के मल-मूत्र द्वारा बनी खाद का नाइट्रोजन, फास्फेट और पोटाश, उनके भोजन से कितना प्रभावित होता है, यह दिखलाया गया है।

सारणी संख्या ७३

खाद	प्रतिशत		
	नाइट्रोजन	फास्फेट	पोटाश
१. उस मुर्गी की विष्ठा की खाद, जिसे नाइ-ट्रोजन युक्त भोजन दिया गया है	०.८१	०.४०	०.३
२. उस मुर्गी की विष्ठा की खाद, जिसके भोजन में नाइट्रोजन की कमी है	०.६५	०.३०	०.२०
३. मक्का या सुखायी घास से प्राप्त विष्ठा की खाद	१.५	०.२३	१.१०
४. मक्का, तेलहन की खली और सूखी घास से प्राप्त विष्ठा की खाद	१.६	०.२४	१.०३
५. मक्का, खली तथा दलहन युक्त हरी वनस्पति द्वारा प्राप्त विष्ठा की खाद	१.७	०.२६	१.०५

ऊपर के आँकड़ों से यह प्रगट है कि मवेशियों के भोजन में इन तत्त्वों की मात्रा अधिक होने से उनकी विष्ठा द्वारा बनी खाद में नाइट्रोजन इत्यादि अधिक मात्रा में पाये जाते हैं और वनस्पति का प्राप्य खाद्य पदार्थ अधिक रहता है।

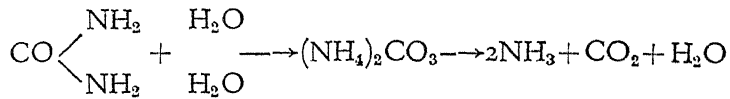
मवेशियों से प्राप्त पदार्थ, जैसे दूध अथवा ऊन इत्यादि, उनके मलमूत्र से बनी खाद को अधिक प्रभावित करते हैं। दूध देनेवाली गाय के मल-मूत्र में उत्पादक तत्त्वो की कमी रहेगी, क्योंकि दूध में नाइट्रोजन और फास्फेट अधिक रहता है और ये तत्त्व अधिकतर दूध में प्राप्त हैं, इसी कारण मलमूत्र में इनकी कमी हो जाती है।

खाद बनाने की विधि

ऐसी खाद में जिसमें आधा हिस्सा जल हो, परिच्यवन के कारण प्राप्य वनस्पति खाद्य पदार्थ का ह्रास होगा। जिस खाद को परिच्यवन से बचाया जा सकता है, उसमें क्रमशः २०, ८ और ३ प्रतिशत नाइट्रोजन, फास्फेट और पोटाश का ह्रास ६ महीने

में हो सकता है और जिसे परिच्यवन से बचाया नहीं जा सकता उसमें क्रमशः ३०, १२ और ३० प्रतिशत ह्रास हो सकता है ।

मल-मूत्र में यूरिया नामक यौगिक कार्बनिक पदार्थ वर्त्तमान है। यह वनस्पति के लिए अत्यन्त उत्तम पोषक द्रव्य है जो प्रक्षेत्र खाद में पाया जाता है। दुर्भाग्यवश यह विच्छेदन द्वारा शीघ्र ही अमोनिया गैस बनकर वायु में विलीन हो जाता है। नीचे के रासायनिक समीकरण से यह सिद्ध होता है।

$$CO\begin{matrix} NH_2 \\ NH_2 \end{matrix} + \begin{matrix} H_2O \\ H_2O \end{matrix} \longrightarrow (NH_4)_2CO_3 \longrightarrow 2NH_3 + CO_2 + H_2O$$

यूरिया, जल, एमोनियम कार्बोनेट, एमोनिया

विभिन्न प्रकारके मवेशियों से विभिन्न मात्रा में प्रक्षेत्र खाद उत्पादन की जा सकती है। प्रचुर भोजन प्राप्त घोड़े-से प्रतिदिन ३० सेर प्रक्षेत्र खाद मिल सकती है, जिसमें ५ सेर मूत्र का अंश होगा। गाय प्रतिदिन ४५ सेर खाद दे सकती है, जिसमें १५ सेर मूत्र की मात्रा होगी। खाद उत्पादन की मात्रा मवेशियों की खुराक और वजन पर निर्भर है। खाद्य पदार्थ की शुष्क मात्रा (Dry matter) तथा मवेशियों के बैठने और सोने के लिए पुआल के वजन पर निर्भर करते हुए, नीचे दिये गये समीकरण से सम्पूर्ण खाद की मात्रा जान सकते हैं। यह समीकरण हाइडेन (Heiden) द्वारा सिद्ध किया गया है।

$$\left(\frac{\text{भोजन का शुष्क भार}}{२} + \text{बिछाने के लिए पुआल का भार}\right) = \text{पूर्ण खाद का वजन}$$

प्रक्षेत्र खाद के ढेर में परिवर्तन

अगर गोबर के ढेर में वायु को जाने दिया जाय तो अमोनिया का नाइट्रेट में आक्सीकरण हो जाता है। नाइट्रेट का विलयन होकर, नीचे की ओर परिच्यवन हो सकता है। ऐसा भी हो सकता है कि ये सभी परिवर्तन उस जीवाणु द्वारा ही हों जो अमोनिया को नाइट्रोजन गैस में परिवर्तित कर देता है, और वह वायु में स्वतंत्रता के साथ मिल सकता है। वायु की अनुपस्थिति में यह परिवर्तन नहीं होता अर्थात् नाइट्रेट नहीं बनता; और उसके पश्चात् नाइट्रोजन गैस भी नहीं बनती। इस परिस्थिति में दूसरा परिवर्त्तन होता है। नाइट्रोजन के यौगिक जीवाणुओं द्वारा अल्बुमिनायड (Albuminoid) या प्रोटीन में परिवर्त्तित हो जाते हैं और ये पदार्थ पौधों के लिए अप्राप्य होते हैं। गोबर को जितना समय सड़ने के लिए प्राप्त होगा, उतना ही कम नाइट्रोजन ऐसी स्थिति में

पौधों के लिए प्राप्य होगा। अधिक समय तक छोड़ देने पर वजन में धीरे-धीरे कमी होती जायगी और उसमें स्थित पुआल शीघ्र ही विच्छेदित होकर उसका वजन घटा देगा। यह सब उसके सेल्यूलोज के कारण ही होता है, जो जीवाणु द्वारा कार्बनडाई-आक्साइड और जल में परिवर्त्तित हो जाता है। कुछ सेल्यूलोज तो बहुत शीघ्र ही इस विच्छेदन को प्राप्त हो जाते हैं और कुछ ऐसे भी हैं जो इस विच्छेदन को कठिनता-पूर्वक प्राप्त होते हैं और कुछ समय के बाद ह्यूमस में बदल जाते हैं।

बिना सड़े हुए पुआल के साथ गोबर की खाद अच्छी नहीं होती। सड़ने के बाद यदि गोबर में कार्बन और नाइट्रोजन का अनुपात १० हो तो यह पदार्थ ह्यूमस के समान ही होगा। अनुपात की इस परिस्थिति में नाइट्रेट अधिक प्राप्त होगा, परन्तु ऐसी परिस्थिति में जब कार्बन का अनुपात अधिक होगा, अर्थात् जब पुआल का सड़ना रुक जायगा नाइट्रेट की कमी हो जायगी। अच्छी तरह सड़ा हुआ गोबर तब पाया जाता है जब इसका कार्बन नाइट्रेट अनुपात १० हो। गोबर तथा पुआल जब मूत्र के साथ मिलता है तब विच्छेदन की क्रिया अत्यन्त शीघ्रतापूर्वक होती है। तद-नुसार इसमें तापमान बढ़ जाता है। अधिक दिनों तक खाद को रखने से, इसका भार कम हो जाता है और नाइट्रोजन प्राप्त होता है।

प्रक्षेत्र खाद की रासायनिक रचना (Composition)

यह कहा जा चुका है कि प्रक्षेत्र खाद के पोषक तत्त्व उन भोजनों से आते हैं जो पशु प्रायः खाया करते हैं। खलिहान की फसलों में नाइट्रोजन,पोटाश और फास्फोरिक ऐसिड की मात्रा कम रहती है। अतः इससे प्राप्त गोबर तथा मूत्र में इन सभी चीजों की मात्रा कम रहती है। प्रक्षेत्र खाद में इस कारण ये रासायनिक तत्त्व भिन्न-भिन्न मात्रा में पाये जाते हैं।

यदि मान लिया जाय कि प्रक्षेत्र खादमें प्रति सैकड़ा नाइट्रोजन ०.५ है, फास्फो-रिक अम्ल ०.२ और पोटाश ०.५ है, तब एक टन (२७ मन) खाद में २२.४×०.५ पौन्ड नाइट्रोजन २२.४×०.२ पौन्ड फास्फोरिक अम्ल और २२.४×०.५ पौन्ड पोटाश रहेगा। अर्थात् ११.२ पौन्ड नाइट्रोजन और पोटाश और ४.४८ पौन्ड फास्फोरिक अम्ल रहेगा। अमोनियम सल्फेट में २०.४ प्रतिशत नाइट्रोजन है अर्थात् १०० पौन्ड अमोनियम सल्फेट में २२.४ पौन्ड नाइट्रोजन है। इसलिए अमोनियम सल्फेट १००/२०.४×११.२ पौन्ड अर्थात् ५५ पौन्ड उतना ही नाइट्रोजन पौधों के लिए प्रदान करेगा, जितना एक टन गोबर की खाद (प्रक्षेत्र खाद) देती है।

इसी तरह २८ पौन्ड सुपर फास्फेट में उतना ही फास्फोरिक अम्ल होगा जितना १ टन प्रक्षेत्र खाद में पाया जाता है। ४८.६ पौन्ड पोटाश १०० पौन्ड पोटाश सल्फेट

से प्राप्त होता है। इसलिए ११.२ पौन्ड पोटाश १००/४८.६×११.२–२४ पौन्ड से प्राप्त होगा जो एक टन प्रक्षेत्र खाद के बराबर होगा।

औसतन एक टन प्रक्षेत्र खाद में नाइट्रोजन, पोटाश, फास्फोरिक अम्ल आदि उत्पादक तत्त्व ५५ पौन्ड अमोनियम सल्फेट के २८ पौन्ड सुपर फ़ास्फेट के, जिसमें १६ प्रतिशत फास्फोरिक अम्ल है तथा २४ पौन्ड पोटैशियम सल्फेट के जिसमें ४८.४ प्रतिशत पोटाश है, बराबर है।

रासायनिक खादों को डालने के पहले १०० टन गोबर के साथ चूना मिलाकर एक एकड़ खेत में दिया जाना चाहिए। इससे भूमि में अम्लता नहीं होती और ह्यूमस शीघ्र बनता है, किन्तु आजकल यह संभव नहीं है। अतः एक एकड़ में १५ टन गोबर की खाद देकर अन्य तत्त्वों की पूर्त्ति रासायनिक खाद के द्वारा की जाती है।

प्रक्षेत्र खाद से लाभ

इसकी सबसे बड़ी विशेषता यह है कि यह भूमि में ह्यूमस उत्पन्न करता है और भूमि की जल शोषण-शक्ति बढ़ा देता है। जल पौधों की वृद्धि में मुख्य सहायक है। पौधों के लिए ताप, वायु, जल, सूर्य का प्रकाश, पोषक तत्त्व और कीटाणुओं से रक्षा आवश्यक होती है।

प्रक्षेत्र खाद रासायनिक क्रिया तथा बैक्टीरीया द्वारा मिट्टी में ताप पहुँचाती है। यह मिट्टी में जल की मात्रा बढ़ा देती है, क्योंकि इसमें ४ प्रतिशत जल रहता है। यह उस मिट्टी में वायु को बनाये रखती, क्योंकि इसके कारण मिट्टी-विन्यास सरन्ध्र हो जाता है। यह पोषक द्रव्व भी प्रदान करती है और अधिक दिनों तक यह द्रव्य पौधों को देती रह सकती है। इसमें कुछ नाइट्रोजन का भाग ऐसा है जो शीघ्र विच्छेदित नहीं होता तथा अधिक दिनों के बाद भी पौधों के लिए प्राप्य होता है। परन्तु कुछ नाइट्रोजन अमोनियम यौगिक के रूप में है और शीघ्र प्राप्य हो सकता है।

पोटाश भी शीघ्र प्राप्त हो सकता है। फास्फोरिक अम्ल पशुओं के मल से आता है और कम मात्रा में प्राप्त होता है। फास्फोरिक अम्ल अन्य तत्त्वों की अपेक्षा इसमें सिर्फ आधा ही रहता है। यह देखा गया है कि प्रक्षेत्र खाद में वे सभी पोषक द्रव्य मौजूद हैं जो मिट्टी से पौधों की वृद्धि और पोषण के लिए आवश्यक होते हैं। पोषक तत्त्व धीरे-धीरे ही इससे प्राप्त होते हैं, इसलिये वे बराबर मिलते रह सकते हैं। सिर्फ एक ही हानि है और वह यह कि प्रक्षेत्र खाद में हानिकारक घास (weeds) के बीज मौजूद रहते हैं, जो अन्त में मिट्टी में मिल जाते हैं और फसल की उपज को हानि पहुँचाते हैं।

सातवाँ परिच्छेद

कम्पोस्ट या सड़ायी हुई खाद

Substitutes for farmyard manure or compost

प्रक्षेत्र खाद कठिनता से प्राप्त होती है, इसलिए ऐसी खाद की आवश्यकता अनुभव की गयी है जिसमें इस जैसे ही गुण हों और जो सुगमतापूर्वक प्राप्त हो सके। इस प्रयत्न में वैज्ञानिकों को यथेष्ट सफलता प्राप्त हुई है। इसके लिए सूखे हुए पेड़-पौधे तथा अन्य कूड़ा-कर्कट को मिट्टी के अन्दर अथवा उसके ऊपर सड़ाने की विधि व्यवहार में लायी गयी। वनस्पति में जो कार्बनिक और अकार्बनिक द्रव्य रहते हैं उनको भूमि में खाद के रूप में देने के पहिले उन्हें विच्छेदित करने की आवश्यकता है। वे द्रव्य अत्यन्त जटिल और पौधों के लिए खाद के रूप में, अप्राप्य हैं। उनके यथेष्ट विच्छेदन द्वारा द्रव्यों की प्राप्यता बढ़ जाती है और वे खाद की तरह व्यवहार में लाये जा सकते हैं। इस क्रिया का विस्तृत वर्णन नीचे दिया जाता है।

१. वनस्पतियों का विच्छेदन और खाद में परिवर्तन

खाद के लिए वनस्पतियों का विच्छेदन करने में नीचे दी हुई जानकारी अत्यन्त आवश्यक है—

(१) वनस्पति का रासायनिक गुण और बनावट।

(२) जीवाणुओं के द्वारा विच्छेदन क्रिया की विधि।

(३) जीवाणुओं के विपचन (Metabolism) का पूर्ण ज्ञान।

डंठल इत्यादि में जो अधिकतर कम्पोस्ट खाद बनाने के कामों में लाये जाते हैं, निम्नलिखित रासायनिक द्रव्य पाये जाते हैं।

१—सेल्यूलोज और हेमी सेल्युलोज (cellulose and Hemi-cellulose) जो इनमें ६० प्रतिशत पाये जाते हैं और जो नाइट्रोजन की उपस्थिति में अत्यन्त शीघ्रतापूर्वक विच्छेदित होते हैं।

२—लिगनिन (Lignin) जो ५ से १२ प्रतिशत पाये जाते हैं और जो जीवाणुओं द्वारा कठिनता से विच्छेदित होते हैं।

३—प्रोटीन जो अत्यन्त कम मात्रा में पाये जाते हैं और १.२ से ३.०० प्रतिशत से अधिक नहीं रहते। जैसे-जैसे विच्छेदन की क्रिया बढ़ती जाती है, वैसे-वैसे इन द्रव्यों की मात्रा में भी वृद्धि होती है।

विच्छेदन की क्रिया में अधिकतर सेल्युलोज और हेमी-सेल्यूलोज का ह्रास होता है। ये द्रव्य कार्बनिक द्रव्यों में प्रायः ८० प्रतिशत पाये जाते हैं। ये कार्बनिक द्रव्य नाइट्रोजन स्थिर करने वाले जीवाणुओं (Nitrogen fixing bacteria) को ऊर्जा प्रदान नहीं कर सकते और इनका विच्छेदन कवक (Fungi) और आक्सीजन-जीवी जीवाणुओं पर निर्भर करता है। सेल्युलोज और हेमी-सेल्युलोज की विच्छेदन-क्रिया में जीवाणु अपने कोष में स्थित विभिन्न द्रव्यों का संश्लेपण (Synthesis) करते हैं। इनकी मात्रा बहुत अधिक होती है और कभी-कभी ये द्रव्य, जो कार्बनिक पदार्थ विच्छेदित होता है, उसके पाँचवें भाग तक हो सकते हैं। जीवाणुओं द्वारा इन द्रव्यों के संश्लेषण के लिए अधिक प्राप्य नाइट्रोजन तथा प्राप्य फास्फोरिक अम्ल की आवश्यकता पड़ती है। ये नाइट्रोजन और फास्फोरिक जीवाणुओं के कोष में और शरीर में स्थित प्रोटीन .और न्युक्लीन (Nucleins) की रचना में सहायता पहुँचाते हैं और इन द्रव्यों की बनावट में सम्मिलित हो जाते हैं। कार्बनिक द्रव्यों के संश्लेषण के लिए नाइट्रोजन की आवश्यकता है और सेल्यूलोज के विच्छेदन से कार्बनिक द्रव्य संश्लेषण का सम्बन्ध है। विच्छेदन अधिक होने से संश्लेषण अधिक होगा। इससे यह तात्पर्य निकलता है कि जितना अधिक सेल्युलोज का विच्छेदन होगा नाइट्रोजन की आवश्यकता उतनी ही अधिक होगी। प्रत्येक ५० भा गसेल्युलोज के विच्छेदन के लिए एक भाग नाइट्रोजन कम्पोस्ट खाद बनाने की क्रिया में उपयोग करना पड़ता है। पौधों में यह नाइट्रोजन कम रहने के कारण कुछ प्राप्य अकार्बनिक नाइट्रोजन विच्छेदन क्रिया के लिए बाहर से देना आवश्यक समझा जाता है। यही कारण है कि जैसे-जैसे कम्पोस्ट खाद के बनाने में सेल्यूलोज की कमी होती जाती है, वैसे-वैसे प्रोटीन की वृद्धि होती जाती है। साधारणतः किसी भी वनस्पति के प्रयोग द्वारा "कम्पोस्ट" खाद बनाया जा सकता है यदि विच्छेदन की क्रिया तथा वनस्पति में स्थित रासायनिक द्रव्यों का यथेष्ट ज्ञान हो। विच्छेदन की गति का ताप, जल, नाइट्रोजन, फास्फोरस, पोटाशियम तथा कैल्सियम कार्बोनेट के प्रयोग द्वारा नियन्त्रित किया जा सकता है। उपयुक्त नियन्त्रण तथा विशेष साव-

धानी द्वारा कम्पोस्ट खाद ऐसी बन सकती है जो मिट्टी में मिलकर वनस्पति के लिए प्राप्य द्रव्य अधिक मात्रा में उपलब्ध करा सके ।

२ कम्पोस्ट खाद की प्रधान आवश्यकताएँ :—

सुचारु रूप से 'कम्पोस्ट' खाद बनाने के लिए निम्नलिखित आवश्यकताओं की पूर्ति करनी होगी—

क—वजनी कार्बनिक द्रव्य जो पौधों से मिलते हैं—वे भिन्न-भिन्न पौधों से प्राप्त हो सकते हैं, जैसे :—

(क) पुआल;
(ख) ज्वार;
(ग) मक्का या बाजरा का डंठल;
(घ) घास इत्यादि अन्य पौधे जो खेतों में, फसल के बीज के साथ आपसे आप उपज जाते हैं (Grass and weeds);
(च) पत्ते जो पेड़ से गिरते हैं;
(छ) पुआल जो मवेशियों को सोने के लिए बिछाया जाता है;
(ज) कपास का डंठल;
(झ) रेंड़ी का डंठल;
(य) सनई (Sunnhemp) या ढइंया (Dhaincha) ढैंचा;
(र) ईख के पत्ते और जड़;
(ल) चाय बगान के पत्ते जो छाँट दिये जाते हैं;
(व) केले का थम्भ जो फेंक दिया जाता है;
(स) जल कुम्भी (water Hyacinth);
(ह) चीना बादाम (मूँगफली) का छिलका ।

ख—अत्यन्त उत्तम विच्छेदन प्रारम्भक वस्तु है—गोबर अथवा अन्य जानवरों की बिष्ठा, मूत्र, मनुष्य की विष्ठा, अथवा नाले के गन्दे पदार्थ जो साफ करने पर मिलते हैं । कुछ अकार्बनिक द्रव्य भी इस कार्य के लिए काम में लाये जा सकते हैं; जैसे—कैल्सियम सायनामाइड, अमोनियम सल्फेट, सोडियम नाइट्रेट, तथा ऐडको (Adco) जो एक प्रकार का रासायनिक द्रव्य है और जीवाणुओं द्वारा विच्छेदन को तीव्र गति प्रदान करता है । इन द्रव्यों तथा अन्य कार्बनिक द्रव्यों को हम "विच्छेदक (starter) कहते हैं । "विच्छेदक" की मात्रा कम्पोस्ट बनाने के लिए

कार्बनिक पदार्थ की मात्रा पर निर्भर है। पुआल में ०.५ प्रतिशत नाइट्रोजन है। इसको सड़ाने के लिए नाइट्रोजन युक्त "विच्छेदक" इतनी मात्रा में देना चाहिए, जिससे पुआल में ०.७ प्रतिशत से लेकर ०.७५ प्रतिशत तक नाइट्रोजन हो जाय। ईख के पत्ते और जड़ तथा ज्वार में भी नाइट्रोजन देने की आवश्यकता होती है और इनको ठीक से सड़ाने के लिए मूत्र, गोबर तथा मनुष्य की विष्ठा डालना चाहिए। डंठल तथा ईख के पत्तों के साथ घास-पात को मिलाना चाहिए, क्योंकि इनमें नाइट्रोजन की कमी रहती है। ऐसा प्रबन्ध करना चाहिए कि "कम्पोस्ट" खाद के बनाने के आरम्भ में सड़ने वाले पदार्थों का कार्बन-नाइट्रोजन अनुपात "३०" हो। ऐसी अवस्था में सड़ाने के लिए नाइट्रोजनयुक्त रासायनिक द्रव्य देने की आवश्यकता नहीं होगी, केवल थोड़े से गोबर से ही काम चल जायगा, जो "कम्पोस्ट" खाद के ढेर में जीवाणुओं को देकर विच्छेदन क्रिया को बढ़ा देगा।

(ग) यथेष्ट मात्रा में जल देना भी आवश्यक है। जल "कम्पोस्ट" खाद के ढेर में ५० प्रतिशत रहना चाहिए। इससे कम जल रहने से जीवाणुओं की संख्या में कमी हो जाती है और सड़ने की क्रिया में बाधा पहुँचती है। जल, वायु में वाष्प बनकर चला जाता है और नीचे की ओर मिट्टी की भीतरी सतह में परिच्यवित हो जाता है। इन दोनों कारणों से जल की जो भी हानि होती है उसे पूरा करने के लिए समय-समय पर जल का छिड़काव "कम्पोस्ट" खाद के ढेर पर होता रहना चाहिए। जल को वाष्पीकरण से बचाने के लिए एक दो सप्ताह के बाद आक्सीजन जीवी (Aerobic) जीवाणुओं द्वारा किण्वन (Fermentation) हो जाने पर "कम्पोस्ट" खाद के ढेर को मिट्टी से ढक देना चाहिए।

(घ) "कम्पोस्ट" खाद के ढेर में वायु का प्रवेश अत्यन्त आवश्यक है। इसको सुचारू रूप से कार्यान्वित करने के लिए ढेर को १० या १५ दिन पर उलट पुलट करते रहना आवश्यक हो जाता है। इस कार्य के लिए अन्य ऐसी यान्त्रिक विधि भी काम में लायी जाती है, जिससे वायु का प्रवेश "कम्पोस्ट" खाद के ढेर में निरन्तर होता रहे। वायु के प्रवेश के लिए किसी प्रणाली में पत्थर के टुकड़े और रोड़े इत्यादि भी ढेर की निचली सतह पर डाले जाते हैं। किन्तु इस बात का ध्यान रहना चाहिए कि अधिक वायु-प्रवेश की आवश्यकता उन्हीं जगहों पर है जहाँ कार्बनिक द्रव्य शीघ्र विच्छेदित न हो सकें और उनमें नाइट्रोजन की मात्रा अत्यन्त कम है। किन्तु पदार्थों के लिए, जिनमें प्रोटीन इत्यादि अधिक हैं, अधिक वायु के प्रवेश से नाइट्रोजन की हानि हो सकती है।

३—"कम्पोस्ट" 'खाद बनाने की विधि'

खेतों के फालतू पेड़-पौधों, शहरों के कूड़ा-कर्कट व मल-मूत्र को मवेशियों द्वारा उत्सृष्ट मल-मूत्र के साथ सड़ाकर खाद बनाने की प्रणाली के सम्बन्ध में यथेष्ट अनुसन्धान हुआ है। विभिन्न प्रकार की विधियाँ काम में लायी गयी हैं। इन सभी तरीकों में कार्बन-नाइट्रोजन के अनुपात और जल की मात्रा पर विशेष ध्यान रखा गया है। खाद बनाने के विभिन्न प्रकार के तौर-तरीके वायु-प्रवेश की अलग-अलग प्रथा अपनाते हैं और उनमें ढेर के उलटने तथा मिलाने की विधि भी भिन्न होती है। यहाँ पर यह कहना आवश्यक है कि बंगलोर और पूना में अनुसंधान करने से यह पता चला है कि अधिक वायु-प्रवेश द्वारा निम्नलिखित हानि हो सकती है।

(क) ढेर का शीघ्र शुष्क हो जाना, और थोड़े-थोड़े अन्तर पर जल देने की आवश्यकता।

(ख) ऊपर दिये गये कारण से तथा अधिक उलट-पुलट करने से खर्च का बढ़ जाना।

(ग) नाइट्रोजन की हानि।

(घ) कार्बनिक द्रव्यों की हानि।

चार प्रकार की विधियाँ "कम्पोस्ट" खाद बनाने के काम में लायी जाती है। इनके विभिन्न नाम नीचे दिये जाते हैं।

१. ऐंडको विधि।
२. एक्टीवेटेड कम्पोस्ट (Activated compost) विधि।
३. इन्दौर बिधि।
४. बंगलोर बिधि।

१. ऐंडको विधि—ऐंडको विधि १९२१ में इंग्लैण्ड में प्रचलित की गयी। यह सबसे पुरानी विधि है और उस प्रदेश के लिए उपयुक्त है, जहाँ मवेशियों द्वारा खेती नहीं होती। यान्त्रिक खेती होने से गोबर इत्यादि की कमी हो जाती है और "विच्छे-दक" न मिलने से सड़ने का कार्य नहीं हो पाता। इंग्लैण्ड की "एग्रीकल्चरल डेवऌपमेन्ट कम्पनी" (Agricultural Development company) ने इस कार्य को सहल कर दिया है। इस कम्पनी ने अकार्बनिक रासायनिक द्रव्यों का एक मिश्रण तैयार किया है जो विच्छेदन को आरम्भ कर देता है। यह चूर्ण के रूप में बिकता है। यद्यपि इस मिश्रण के यौगिक पदार्थों का पता रासायनिक को पूण रूप से

नहीं प्राप्त हो सका है, फिर भी फाउलर का मत है कि "ऐडको", अमोनियम फास्फेट सायनामाइड और यूरिया (urea) का मिश्रण है। इस विधि को "ऐडको विधि" नाम इसी मिश्रण के कारण दिया गया है। यह कम्पनी के नाम को प्रकट करता है। ऐडको कम्पनी के मतानुसार १½ cwt ऐडको मिश्रण प्रति एक टन कम्पोस्ट बनाने वाले शुष्क पदार्थों के साथ मिलाना चाहिए। इस मिश्रण का अनुपात ७ प्रतिशत होता है। १० वर्गगज भूमि पर १ फुट ऊँचा पुआल इत्यादि बिखेर दिया जाता है। इसको पानी से अच्छी तरह भिगोया जाता है। इस क्रिया को ६ बार किया जाता है जिससे सम्पूर्ण ढ़ेर की ऊँचाई ६ फुट हो जाती है। कहा जाता है कि २०० गैलन जल प्रति टन शुष्क पदार्थ पर तीन बार तीन सप्ताह तक देते रहने से जल की मात्रा यथेष्ट हो जाती है और ६ महीने में सम्पूर्ण कूड़ा-कर्कट सड़कर 'कम्पोस्ट' खाद तैयार हो जाता है।

२ एक्टीवेटेड कम्पोस्ट विधि—इस विधि को फाउलर (Fowler) ने भारतवर्षीय विज्ञान शिक्षाकेन्द्र बंगलोर (Indian Institute of Science Bangalore) में निकाला था। फाउलर ने बतलाया कि "कम्पोस्ट खाद" बनाने के लिए जो "विच्छेदक" दिया जाता है, उसमें जीवाणुओं की संख्या अधिक होनी चाहिए। यही कारण है कि इस विधि में मल-मूत्र तथा नालियों के जल इत्यादि द्वारा कूड़ा-कर्कट का एक ढेर सड़ा कर अलग तैयार किया जाता है, जिसमें जीवाणु अधिक मात्रा में रहते हैं और जो "विच्छेदक" का कार्य करता है। इस ढेर से थोड़ा-सा हिस्सा लेकर एक बड़े ढेर में मिलाया जाता है और इस प्रकार "कम्पोस्ट" खाद बनता है। जितना हिस्सा "विच्छेदक" के ढेर से ले लिया जाता है, उतने अंश की पूर्त्ति कूड़ा-कर्कट से कर दी जाती है।

३ बंगलोर विधि—आवश्यकतानुसार लम्बी-चौड़ी खाई जिसकी गहराई ३ फुट होती है, खोदते हैं। खाई के किनारे भीतर की तरफ ढालू रखते हैं। कम्पोस्ट बनाने के लिए खाई की सतह पर ८ अंगुल मोटी कूड़ा-कर्कट, घास-फूस आदि की तह देते हैं और उस तह पर पानी छिड़क देते हैं। यदि मवेशियों का पेशाब उपलब्ध हो तो उसे डालना उत्तम होगा। कूड़ा-कर्कट की तह देने और पानी छिड़कने के बाद ३ अंगुल गोबर की तह देते हैं तथा एक अंगुल मिट्टी की तह बिछा देते हैं। इसी प्रकार एक तह के ऊपर दूसरी तह ढालते जाते हैं, जब तक इसकी सतह जमीन की सतह से एक फुट ऊपर न आ जाय। सबसे ऊपर मिट्टी का एक मोटा लेप दे देते हैं।

खाद को तैयार होने में पाँच-छः महीने का समय लगता है। इसमें खाद उलट-पुलट करने की आवश्यकता नहीं पड़ती। इस तरीके से तैयार किये गये कम्पोस्ट में नाइट्रोजन तथा जीवांश पदार्थ अधिक मिलते हैं। यह तरीका आसान भी है।

४ इन्दौर विधि——इस विधि में खाद को उलटना पड़ता है। इसके तैयार होने में भी कम समय लगता है। इस तरीके में अगल-बगल दो खाई खोदते हैं। एक खाई में चार अंगुल मोटी तह कूड़ा-कर्कट की देकर पानी छिड़कते हैं। इसके ऊपर गोबर की तीन अंगुल मोटी तह देते हैं। इस प्रकार कूड़ा-कर्कट तथा गोबर की तह बारी-बारी से देकर जमीन की सतह से करीब दो हाथ ऊपर उठा देते हैं और पानी छिड़क कर छोड़ देते हैं। दो सप्ताह के बाद खाई से इसे उलट कर पहली खाई से ८ हाथ दूरी पर बनी हुई दूसरी खाई में डाल देते हैं। फिर दो सप्ताहों के बाद इसे उलट कर पहली खाई में डाल देते हैं और दो महीने के बाद तीसरी ढालू तथा छोटी खाई में इसे डाल देते हैं। इसके एक मास के बाद खाद तैयार होकर बुकनी के समान बन जाती है।

इस तरीके में गोबर कम लगता है तथा खाद बुकनी के समान होने से मिट्टी में जल्द मिल जाती है। समय भी कम लगता है।

कम्पोस्ट में औसतन ०.६ प्रतिशत नाइट्रोजन, ०.१ प्रतिशत फास्फोरस तथा ०.५५ प्रतिशत पोटाश मिलता है।

बरसात में कम्पोस्ट बनाने के लिए खाई नहीं खोदते, क्योंकि गढ़े में बरसात का पानी भर जाने का भय रहता है। एक ऊँची जगह पर बिना खाई खोदे ही उपर्युक्त ढंग से कम्पोस्ट बनाते हैं। जब पहली वर्षा हो तो उसे पलट दिया जाता है, जिससे नीचे की सूखी तहें अच्छी तरह तर हो जायँ तथा जल्दी सड़ सकें। इसके बाद एक-एक महीने पर दो बार पलटते हैं। पलटते समय यह सावधानी रखनी चाहिए कि जिस दिन अधिक वर्षा हो रही हो, उसे पलटे नहीं, वर्ना खाद-तत्त्व बह जाते हैं।

४——कम्पोस्ट खाद बनाने वाली वनस्पतियों के रासायनिक गुण

कम्पोस्ट खाद बनाने के लिए अनेक प्रकार की वनस्पतियों का भाग काम में लाया जाता है। इनके रासायनिक गुणों का ज्ञान अत्यन्त आवश्यक है। यह ज्ञान हमें उन वनस्पतियों के चुनाव में सहायता पहुँचाता है, जिनसे अत्यन्त लाभदायक "कम्पोस्ट" खाद बन सकती है। जिन वनस्पतियों अथवा द्रव्यों में नाइट्रोजन, फास्फोरस, कार्बनिक द्रव्य तथा क्षार और प्रोटीन अधिक हैं, वे "कम्पोस्ट" खाद के लिए उपयुक्त हैं। सारणी सं० ७४ में इनका रासायनिक विश्लेषण दिया जाता है।

सारणी संख्या ७४

	द्रव्य	कार्बनिक द्रव्य	क्षार	प्रोटीन	बसा	रेशा	विलयनशील शर्करा	नाइट्रोजन
१.	मालवा कपास	९२.०२	१०.०	७.४०	३.००	३६.००	४४.००	१.१८
२.	कम्बोडिया कपास डंठल	९७.००	३.०९	४.००	१.१२	४५.३०	४६.५०	०.६४
३.	कम्बोडिया कपास पत्ता	८७.४	१२.६०	१४.००	८.४०	८.६५	५६.२०	२.२५
४.	कम्बोडिया कपास फलावरण pericarp	९५.२	४.७०	११.५५	९.६५	४५.१५	३०.०	१.९५
५.	घास-पात	६९.५	३०.५२	१०.८४	२.०५	२१.९३	३४.७१	१.७५
६.	१२ सप्ताह का सनई का डंठल	९६.३	३.७०	४.००	१.०६	५३.६१	३७.६४	०.६४
७.	१२ सप्ताह का सनई का पत्ता	९०.६	९.३१	१४.२६	२.९०	२०.७०	५२.८०	२.२९
८.	सेसेवानिया इन्डिका ६ सप्ताह का	८९.३	१०.६५	१५.००	३.५०	२२.३३	४८.७०	२.३८
९.	मटर का डंठल	९१.१	८.९२	४.३७	१.९०	४०.००	४५.१८	०.७०
१०.	ईख के पत्ते इत्यादि	९४.१	५.९१	२.००	१.२५	४२.१६	४८.७३	०.३२
११.	जल-कुम्भी	७६.००	२४.२०	९.३७	—	—	—	२.१७

१२.	फाईकस रिलीजिओसा के पत्ते	८१.४	१८.६४	३.००	१.३३	२६.८८	५८.१८	०.५१
१३.	फाइकस इन्डिका के पत्ते	८२.००.	१७.९२	२.१८	१.१२	२८.३१	५०.३९	०.३५
१४.	सूखे हुए घास	८४.००.	१६.२०	४.२५	१.५५	२६.२०	४०.२०	०.६८
१५.	बाजरा का डंठल	९०.००.	१०.१०	२.२४	—	२५.४२	५१.५८	०.७०
१६.	बाजरा का साइलेज	८९.२०.	१०.८०	४.५३	१.५५	२६.८७	५१.१०	.७९
१७.	धान का पुआल	८१.००.	१९.१०	२.२५	१.०५	३५.१०	४०.४०	०.३६
१८.	गेहूँ का पुआल	८४.७०.	१५.३०	३.०१	०.९८	३५.६९	३७.९३	०.५८
१९.	मटर का छिलका इत्यादि	८६.७५.	१३.२०	११.०१	०.४०	१९.२३	४४.६७	१.९९
२०.	चना का छिलका इत्यादि	८६.६०.	१४.३०	४.६८	२.२७	२७.७१	४५.८६	०.७५
२१.	मूँगफली का छिलका	८६.५०.	१३.४०	१२.०६	२.२०	१६.६०	३९.२४	१.९३
२२.	मूँगफली की भूसी	८५.८०.	१४.२०	७.५७	२.८०	५५.३५	१३.७३	१.२१
२३.	केले का थम्भ	८४.००.	१५.८०	—	—	—	—	०.०१
२४.	हरी मटर का डंठल	७९.५६.	१.५५	—	—	—	—	०.५२

कम्पोस्ट खाद का गुण और संरचना

कम्पोस्ट खाद पूर्व-लिखित विभिन्न विधियों से बनायी जाती है। इसका रूप-रंग अभौतिक संरचना तथा रासायनिक गुण, इसके बनाने की विभिन्न क्रियाओं पर निर्भर हैं। इन्दौर विधि से बनाने पर जहाँ वायु कम रहती है वहाँ कम्पोस्ट का रंग काला पड़ जाता है और वह बहुत ही जल्द भुरभुरे छोटे कण के टुकड़ों में विभाजित हो जाता है। यह अवस्था तभी होती है जब इसको बनाते समय बहुत बार उलट-पुलट किया जाता है। इस कारण इसके कार्बनिक द्रव्य भी बहुत कुछ अंश में नष्ट हो जाते हैं। किन्तु बंगलोर वाली विधि में जहाँ वायु की कमी नहीं रहती, और ६ या ७ दिन तक वायु के प्रवेश के बाद उसका प्रवेश कम कर दिया जाता है तथा वायु रहित अवस्था में अजारक जीवी कीटाणु क्रियाशील होने लगते हैं, नाइट्रोजन, कार्बनिक द्रव्य तथा अन्य पोषक द्रव्य अधिक पाये जाते हैं। कम्पोस्ट का रासायनिक गुण "विच्छेदक" पर भी निर्भर है। विभिन्न प्रकार के कम्पोस्ट में विभिन्न विधि से बनाये गये नाइट्रोजन की मात्रा सारणी सं० ७५ में दी गयी है।

सारणी संख्या ७५

विधि	नाइट्रोजन प्रतिशत	फास्फोरिक अम्ल प्रतिशत	पोटाश प्रतिशत
इन्दौर विधि	१.००	०.५	३.०
घास-पात से बना कम्पोस्ट	२.००	०.८६	—
चाय की पत्ती से बना कम्पोस्ट	१.३	०.५	३.०
केले के थम्भ से बना कम्पोस्ट	१.९०	०.४८	०.४५

कम्पोस्ट खाद का मिट्टी पर प्रभाव—

कम्पोस्ट खाद का मिट्टी पर प्रभाव तीन प्रकार से पड़ता है—

(क) **मिट्टी के भौतिक गुण में उन्नति**—वह मिट्टी की संरचना को बढ़ाता है, बलुहट मिट्टी अधिक संरचित हो जाती है और दोमट तथा चिकनी (clayey) मिट्टी में सरन्ध्रता बढ़ जाती है। मिट्टी की जल-धारण शक्ति और ताप-मान बढ़

जाता है। मिट्टी में परिच्यवन और जल-निकास (Drainage) बढ़ जाता है। मिट्टी की जुताई सुगमतापूर्वक होने लगती है। ऊसर क्षारीय मिट्टी को बहुत फायदा पहुँचता है।

(ख) **मिट्टी में पोषक द्रव्यों की वृद्धि**—कम्पोस्ट पौधों से बनता है, इसलिए उसमें वे सभी द्रव्य रह सकते हैं जो पौधों के लिए पोषक हैं। नाइट्रोजन, फास्फेट, पोटाश, कैल्सियम आदि जो द्रव्य पौधों के लिए पोषक हैं, वे कम्पोस्ट में कार्बनिक, यौगिक के रूप में पाये जाते हैं और धीरे-धीरे विच्छेदित होकर विलयन की अवस्था में पौधों को प्राप्त हो जाते हैं। कम्पोस्ट जब मिट्टी में विच्छेदित होता है, तब इस क्रिया द्वारा कार्बन-डाई-ऑक्साइड की उत्पत्ति होती है और यह गैस अन्य अकार्बनिक फास्फेट, नाइट्रोजन और पोटाश युक्त मिट्टी में स्थित यौगिक को विच्छेदित करके इन तत्त्वों को पौधों के लिए प्राप्य अवस्था में परिणत कर देता है।

(ग) **जैविक क्रिया तथा हारमोन की प्राप्ति**—कम्पोस्ट में अनेकानेक कवक और जीवाणु वर्त्तमान हैं। ये मिट्टी में पहुँचने पर जीवाणुओं की संख्या अनगिनत कर देते हैं और इस कारण वायु से मिट्टी में जीवाणुओं द्वारा नाइट्रोजन का परिवर्त्तन भी शीघ्रता पूर्वक होता है। कम्पोस्ट, मिट्टी में कवक और माइकाराइजा (Mycorrhiza) की क्रियाओं को बढ़ाता है और पौधों की जड़ से घनिष्ठ सम्पर्क रखता है तथा कुछ कार्बनिक विशेष पोषक द्रव्य, पौधों को जड़ द्वारा प्रदान करता है। "कम्पोस्ट" द्वारा पौधों को हॉरमोन तथा विटामिन (vitamin) की भी प्राप्ति होती है जैसे—औक्सीन—ए और औक्सीन–बी (Auxin a, Auxin b) विटामिन इत्यादि।

आठवाँ परिच्छेद

कार्बनिक तथा अकार्बनिक खाद

आधुनिक समय में रासायनिक खाद के प्रयोग का विरोध किया जाता है। इस विषय पर वैज्ञानिक एक मत नहीं हैं। बैलेन्सड मैन्योरिंग (Balanced Manuring) नामक लेख में जो "स्कौटिश जनरल ऑफ एग्रीकल्चर" (Scottish Journal of Agriculture) भाग २५ नं० २ जनवरी, १९४५ में मुद्रित हुआ था, औग तथा निकौल (W.G. Ogg—H.Nicol) ने इस विषय पर विद्वत्ता-पूर्ण मत प्रकट किया है। श्री औग रौदैम्स्टैड एग्रीकल्चरल एक्सपेरीमेन्टल स्टेशन (Rothamsted Agricultural Experimental Station) के डाइरेक्टर हैं। उन्होंने बनावटी खाद के अर्थ एवं रासायनिक खाद की अच्छी विवेचना करते हुए कहा है कि यह शब्द धोखे की टट्टी है। इसके लिए रासायनिक खाद ही उपयुक्त शब्द होगा। उन्होंने यह भी कहा है कि आधुनिक कृषि बनावटी ही है। उदाहरण के लिए उन्होंने मशीन द्वारा बीज को छिद्र में बोने की प्रथा बतलायी है।

रासायनिक खाद को कुछ लोग पसन्द करते हैं और कुछ लोग इसे नापसन्द करते हैं। कुछ बेसिक स्लैग को तो पसन्द करते हैं, पर सुपर फास्फेट को नापसन्द करते हैं। वे कहते हैं कि यह रासायनिक खाद मिट्टी को विषैला बना देती है, और फसल की अच्छाइयों को नष्ट कर देती है तथा पौधों की कीड़ों से बचने की शक्ति को कम कर देती है। यह भी बतलाया जाता है कि वे मनुष्य तथा जानवर जो इस खाद के उपयोग किये गये खेत की फसल का भोजन के रूप में व्यवहार करते हैं, अनेक प्रकार के रोगों के शिकार बन जाते हैं। इस मत की पुष्टि के लिए कोई भी प्रमाण आज तक वैज्ञानिकों को नहीं मिला है। यह भी सत्य है कि रासायनिक खाद बहुत दिनों से मिट्टी में व्यवहार की जा रही है और इसका कोई भी हानिकारक असर देखने को नहीं मिला है। वास्तव में सच तो यह है कि इसके व्यवहार से पौधे बढ़ते हैं और फसल की मात्रा भी बढ़ती है। इसका भी कोई प्रमाण नहीं है कि "रासायनिक खाद" मिट्टी के बैक्टीरिया (जीवाणु) के साथ कोई विपरीत असर पैदा करती है। ठीक इसके विपरीत इसमें स्थित रासा-

यनिक तत्त्वों के कारण मिट्टी में और भी अधिक जीवाणु (बैक्टीरिया) उत्पन्न हो जाते हैं। रासायनिक खाद साधारणतः मिट्टी के कीड़ों की मात्रा नहीं घटाती। ये कीड़े आम्लिक मिट्टी में कम रहते हैं। इसका भी कोई ठोस जवाब नहीं है कि रासायनिक खाद से मिट्टी में कुकुरमुत्ता कीटाणु या विषैला तत्त्व आसानी से आ सकता है अथवा मिट्टी इस योग्य बन जाती हो। इस विषय पर अनुसन्धान हो रहा है। यह हो सकता है कि गोबर का व्यवहार करने से विषैलें कीटाणु फैल जायँ। जब पौधों को दी जाने वाली खाद पूरी तरह संतुलित रहे, अर्थात् जब नाइट्रोजन की मात्रा अधिक हो, बल्कि नाइट्रोजन, पोटाश और फौसफेट, किसी विशेष अनाज के लिए एक संतुलित रूप में हों, तब इसका कोई खराब असर अन्न के गुण पर नहीं पड़ता। रासायनिक खाद से पौधों में विटामिन की मात्रा घटती नहीं है। हाल में ही यह देखा गया है कि ब्रिटेन के विभिन्न भागों के चरागाहों में तथा संसार के विभिन्न भागों में चूने तथा फास्फोरिक अम्ल की कमी है। पौधों की जड़, इन रासायनिक खादों को चरागाह में डालने से, पुष्ट होती हैं। बहुत से चरागाहों में कुछ तत्त्वों की कमी रहती है, जिससे रोग के कीटाणु उत्पन्न हो जाते हैं और बहुत से चरागाहों को, उनकी अधिकता के कारण हानि भी पहुँचती है। साधारणतः यह कहा जाता है कि कार्बनिक खाद सम्पूर्ण खाद होती है और यह इतना धीरे-धीरे काम करती है कि कोई भी इसका व्यवहार कर सकता है। बालू वाली जमीन पर इसका अधिक प्रभाव पड़ता है। हल्की जमीन पर रासायनिक खाद अर्थात् सुपर-फास्फेट, अमोनियम सल्फेट, और पोटाशियम सल्फेट आदि अधिक उपज उत्पन्न नहीं कर सकते, क्योंकि पौधों के बढ़ने के लिए सबसे पहली वस्तु है, जल, जो बलुहट जमीन को पर्याप्त मात्रा में नहीं मिलता। यदि कार्बनिक खाद, अकार्बनिक खाद अर्थात् सुपर फौसफेट, पोटाश और अमोनियम सल्फेट के साथ प्रयुक्त किया जाय तब इससे कार्बनिक खाद की अपेक्षा अधिक उपज हो सकती है। हड्डी की खाद से नाइट्रोजन और फासफेट पौधों के लिए धीरे-धीरे प्राप्य होती है। यही कारण है कि इसके साथ सोडियम नाइट्रेट (Nitrate of Soda) अथवा सल्फेट व्यवहार किया जाता है। प्रारम्भ में इसका असर शीघ्र दिखाई देने लगता है। मिट्टी में ह्यूमस का प्राप्त होना, उसकी उर्वरा शक्ति के लिए आवश्यक है। इसके रहने पर अथवा कम रहने पर, जल-शोषण शक्ति कम हो जाती है, और इन कारणों से जीवाणुओं की कमी होती है। यही कारण है कि कार्बनिक खाद का व्यवहार आवश्यक है। रासायनिक खाद के उचित व्यवहार से उपज की मात्रा बढ़ जाती है।

(घ) भिन्न-भिन्न पौधों को भिन्न-भिन्न मात्रा में पोषक द्रव्यों की आवश्यकता होती है। नाइट्रोजन, फास्फेट और पोटाश की आवश्यकता भिन्न है और मिट्टी की बनावट और फसल पर निर्भर है। अकार्बनिक खाद का ऐसा मिश्रण तैयार किया जा सकता है जिसमें उचित मात्रा में सभी तत्त्व हों और जिसका विभिन्न प्रकार के पौधों के लिए उपयुक्त मात्रा में उपयोग किया जा सके। इससे खर्च कम होने की सम्भावना है। कार्बनिक खाद में प्रथम तो पोषक द्रव्यों की मात्रा निहित है और द्वितीय उनमें फास्फोरिक अम्ल की कमी रहती है।

अकार्बनिक खाद में बहुत-सी त्रुटियाँ भी हैं, जैसे ––

(क) अकार्बनिक अथवा रासायनिक खाद मिट्टी में अधिक देने से अन्न तो अधिक उपजता है, पर अनेक वर्षों के बाद तनु तत्त्वों (Trace elements,) की कमी हो जाती है। कारण यह है कि रासायनिक खाद में स्थित तत्त्व इतनी अधिक मात्रा में मिट्टी में एकत्रित हो जाते हैं कि पौधों द्वारा अन्य तत्त्वों के शोषण में कठिनाई होने लगती हैं। कुछ वर्षों के बाद फसल की उपज कम हो जाती है। और मिट्टी की उर्वरा शक्ति में कमी आ जाती है। "PH" में कमी और आधिक्य होने से क्रमशः अम्लता तथा क्षारीयता हो जाने की संभावना रहती है। मिट्टी के भौतिक गुण भी बदल जाते हैं; जिससे वह कम उपजाऊ होने लगती हैं।

(ख) कुछ अंश में यह भी प्रमाणित हुआ है कि अकार्बनिक खाद के व्यवहार से मिट्टी में स्थित जीवाणु कम हो जाते हैं और इस कारण मिट्टी में वायु से नाइट्रोजन शोषण करने वाले जीवाणुओं की क्रियाओं में बाधा पड़ती है। नाइट्रोजन की, अन्त में कमी अनुभव होने लगती है। अधिक मात्रा में रासायनिक खाद के व्यवहार से उन जीवाणुओं की क्रियाएँ भी मिट्टी में कम होने लगती हैं जो अमोनिया से नाइट्रेट बनाते हैं।

कार्बनिक खाद की विशेषताएँ बहुत हैं, यही कारण है कि सदियों पहले से आज तक इन्सान खेत में कार्बनिक खाद के प्रयोग की परिपाटी को कायम रखता चला आ रहा है और विभिन्न तर्क-वितर्क के बावजूद भी वह इसे अपनाने में जरा भी सन्देह नहीं करता।

कार्बनिक खादों के गुण

नीचे हम कार्बनिक खाद के गुणों का वर्णन करते हैं —

(क) पूर्णरूप से जल तथा अनुकूल जलवायु मिलने पर ये खाद मिट्टी के टिल्थ

(Tilth) को बनाये रखती हैं, अर्थात् उसके कणाकार (Texture) और कण-संरचना (structure) को ऐसी हालत में रखती हैं जिससे खेती-बारी में सुविधा हो और हल इत्यादि चलाने तथा अन्य कृषि सम्बन्धी यन्त्रों के व्यवहार करने में सुगमता हो।

(ख) कार्बनिक खाद में सभी पोषक द्रव्य रहते हैं। कुछ कम, कुछ अधिक सभी तत्त्वों का समावेश इसमें है। इसमें न्यून तत्त्व भी रहते हैं। सबसे उत्तम बात तो यह है कि इसमें स्थित पोषक तत्त्व धीरे धीरे पौधों को प्राप्य होते हैं और अधिकतर अविलेय होने के कारण मिट्टी से जल-सिंचाई तथा वर्षा द्वारा परिच्यवित नहीं होते।

जंगलों की मिट्टी में ५.१ प्रतिशत कार्बनिक द्रव्य रहता है। जुताई वाले खेतों में यह द्रव्य लगभग २.३ प्रतिशत रहता है और उष्ण प्रदेशों की मिट्टी, जैसे भारतवर्ष की मिट्टी में यह द्रव्य अत्यन्त कम प्राय: १.२ प्रतिशत से भी कम रहता है। इस कारण भारतवर्ष में कार्बनिक खाद फसल के अनन्तर डालते रहना चाहिए और यहाँ के किसान ऐसा ही करते आ रहे हैं; नहीं तो मिट्टी की उर्वरा शक्ति अत्यन्त कम हो गयी होती।

(ग) कार्बनिक द्रव्य (खाद) मिट्टी में स्थित अन्य द्रव्यों को विलयनशील करके पौधों के लिए प्राप्य बनाते हैं।

दो प्रकार की कार्बनिक खाद, प्रक्षेत्र खाद और "कम्पोस्ट" खाद, का उल्लेख परिच्छेद ६,७ में किया गया है। यहाँ अन्य प्रकार की कार्बनिक खाद का उल्लेख किया जाता है।

कार्बनिक खादों में सबसे महत्त्वपूर्ण खाद तेलहन की खली है। तेलहन पौधों के बीज से तैल निकाल लेने के बाद मशीन में जो सिट्ठी बच जाती है, उसका प्रयोग खाद के सदृश किया जाता है और मवेशियों को भी वह खिलायी जाती है।

हमारे देश में अनेक प्रकार की खली तैयार होती है, कुछ किस्म की खली पशुओं को खिलाने के काम में आती है और शेष फसलों के लिए खाद के रूप में प्रयुक्त होती है। साधारणत: मूँगफली की खली, तिल की खली, नारियल की खली और बिनौले की खली पशुओं को खिलाने के लिए उपयोगी समझी जाती है। इनको खाद के रूप में काम में नहीं लाना चाहिए। अन्य खलियाँ, जैसे अंडी की खली, नीम की खली, कंरज की खली और महुआ की खली पशुओं को नहीं खिलायी जातीं क्योंकि उनमें हानिकारक या विषैले तत्त्व होते हैं। उनसे पशुओं को हानि पहुँचती है। ऐसी खलियाँ नाइट्रोजन देने वाली खाद के रूप में काम में लाने के लिए अति उपयोगी हैं।

इनके अतिरिक्त पशुओं को खिलायी जाने वाली खलियों में से फफूँदी लगी हुई या खराब हुई या अधिक रेशेवाली खलियाँ भी खाद के रूप में काम में लायी जा सकती हैं।

विभिन्न प्रकार की खलियों में नाइट्रोजन की मात्रा अलग-अलग होती हैं। इनमें महुआ की खली में कम से कम २.५ प्रतिशत से लेकर नीम की खली में ५ प्रतिशत तक नाइट्रोजन पाया जाता है। सभी खलियों में नाइट्रोजन के अतिरिक्त कुछ फास्फोरिक एसिड और पोटाश (एक से दो प्रतिशत तक) भी पाया जाता है।

खली देने के बाद पौधों को नाइट्रोजन प्राप्त करने में लगभग दो महीने लग जाते हैं। इसलिए इसका प्रयोग बुवाई से लगभग दो महीने पहले करना चाहिए। उसके लिए भूमि में नमी होनी चाहिए।

खली को खेत में डालने से पहले अच्छी तरह चूरा कर लेना चाहिए ताकि उसे सारी भूमि में समान मात्रा में फैलाया जा सके। उसे बुवाई से कुछ दिन पहले या बुवाई के समय या थोड़ी सी बढ़ी हुई खड़ी फसल में भुरक कर प्रयोग किया जा सकता है। सामान्यतः बैल के कोल्हू की खली में इंजन के कोल्हू की खली की अपेक्षा तेल का अंश कुछ अधिक रहता है। इसलिए पौधों पर उसका प्रभाव कुछ देर में पड़ता है। तेल नाइट्रोजन को पौधों के भोजन के रूप में परिर्वत्तित होने में कुछ बाधा डालता है।

सभी खलियाँ लगभग प्रत्येक फसल के लिए सभी प्रकार की भूमि में लाभदायक पायी गयी हैं।

सारणी सं० ७६ में विभिन्न प्रकार की खलियों का रासायनिक गुण दिया जा रहा है। (सारणी पृ० ४०४ पर देखिए)

उन अन्य कार्बनिक खादों का नाम जो काम में लायी जाती है, नीचे दिया जाता है —

१. गोआनो,
२. समुद्री पौधे,
३. जल-कुम्भी,
४. काई,
५. छोआ और "प्रेसमड"
६. मछली, केकड़ा इत्यादि का मृत शरीर,
७. सुखाया हुआ खून,
८. हड्डी की खाद,
९. मनुष्य का मलमूत्र,

सारणी संख्या ७६

क्र. सं.	विभिन्न प्रकार की खली	नाइट्रोजन प्रतिशत	फास्फोरिक अम्ल प्रतिशत	पोटाश प्रतिशत
१.	अंडी की खली "बड़ी"	४.३	१.८	१.३
२.	बिनौले (बिना छिले) की खली	३.९	१.८	१.६
३.	करंज की खली	३.९	०.९	१.२
४.	महुआ की खली	२.५	०.८	१.८
५.	नीम की खली	५.२	१.०	१.४
६.	कुसुम की खली	४.९	१.४	१.२
७.	अंडी की खली (छोटी)	३.६	१.५	२.०
८.	नारियल की खली	३.०	१.९	१.८
९.	बिनौले (छिले हुए) की खली	६.४	२.९	२.२
१०.	मूँगफली की खली	७.३	१.५	१.३
११.	जामुन की खली	४.९	१.६	१.९
१२.	अलसी की खली	५.५	१.४	१.३
१३.	रामतिल की खली	४.७	१.८	१.३
१४.	सरसों की खली	५.२	१.८	१.२
१५.	छिले हुए कुसुम की खली	७.९	२.२	१.९
१६.	तिल की खली	६.२	२.०	१.३

१०. नाली का गन्दा जल,

११. ढकी नाली का जल,

१२. सेप्टिक टैंकों का सुखा हुआ चूर्ण पदार्थ,

संक्षेप में इनका वर्णन नीचे दिया जाता है।

गोआनो (Guano)

यह नाम हुआनो (Huano) का अपभ्रंश है। "हुआनो" स्पेन (Spain) में गोबर को कहते हैं।

सारणी संख्या ७७ (दे० पृ० ४०६)

क्र. सं.	द्रव्य	प्रतिशत,
१.	पूर्ण नाइट्रोजन	१६.३४
२.	अमोनिया	१४.०८
३.	ट्राई कैलसियम फास्फेट	३२.३०
४.	पोटाश,	१.९४
५.	चूना	५.११
६.	मैग्नीशियम,	३.६९
७.	सल्फ्यूरिक अम्ल,	०.६२
८.	क्लोरिन,	१.०४
९.	सोडा	०.१८
१०.	बालू और सिलिका,	१.४५
११.	जल	१७.१३

गोआनो समुद्री मुर्गी की विष्ठा को कहते हैं। समुद्री मुर्गी, अमेरिका के द्वीपों में प्राय: पेरू (Peru) के सामुद्रिक तट पर पायी जाती है। समुद्री किनारों

पर इनकी विष्ठा और मृत शरीर ढेर के ढेर पाये जाते हैं। वाणिज्य करने वाली कम्पनियाँ इनका वाणिज्य करती हैं। इनके रासायनिक द्रव्यों की मात्रा सारणी ७७ में दी जाती है। इनमें नाइट्रोजन और फास्फेट अधिक मात्रा में रहते हैं।

समुद्री पौधे

समुद्र के किनारे रहनेवाले कृषक समुद्र के पौधों को खाद के रूप में व्यवहार करते हैं। स्कॉटलैण्ड, जापान, इटली और अमेरिका में ये व्यवहार में लाये जाते हैं। रासायनिक विश्लेषण द्वारा यह पता चला है कि समुद्र के पौधों में नाइट्रोजन इतना

सारणी संख्या ७८

क्र. सं.		जल	नाइट्रोजन	फास्फोरिक अम्ल	पोटाश	चूना	मैगनीसियम
१.	लौमिनारिया सैकारिना,	८८	०.१७	०.०५	०.१६	०.३८	०.१७
२.	एल. डी. जी.टाटा	८७	०.२३	०.०६	०.३१	०.५१	०.२२
३.	रोडिमेनिया पालमाटा,	८६	०.३७	०.०९	१.०७	०.४६	०.०९
४.	फ्यूकस वैसीलोसम,	७७	०.३८	०.१२	०.६५	०.४५	०.३१
५.	फाइलोफोरा मेम्ब्रानीफोलिया,	६६	१.०८	०.१४	०.९६	५.१	०.६९
६.	कौन्ड्रसक्रस्पस,	७६	०.५७	०.१३	१.०२	०.४९	०.३३
७.	क्लैडौस्टेफस वर्टीसीलाटस,	७१	०.४५	०.२२	१.४२	०.८७	०.३६
८.	पोलीयाइडस रोटेन्डस,	५९	०.७०	०.१६	१.४५	०.३७	०.४६
९.	जौस्टेरा मरिना,	८१	०.३५	०.०७	०.३२	०.५१	०.३२

अधिक नहीं है, फिर भी कम्पोस्ट खाद के बराबर ही है। कुछ समुद्र के पौधों का रासायनिक विश्लेषण सारणी सं० ७८ में दिया गया है।

ये पौधे अत्यन्त शीघ्र विच्छेदित होते हैं क्योंकि इनमें जल की मात्रा अधिक रहती है और अन्य रासायनिक द्रव्य, जैसे, चूना इत्यादि भी प्रचुर मात्रा में रहते हैं; जिसकी वजह से जीवाणु अधिक क्रियान्वित होते हैं।

जलकुम्भी

तालाबों में जहाँ जल बहुत ही गन्दा और स्थिर रहता है ये पौधे बहुत ही शीघ्र पनपते हैं और सारे पोखरे की ऊपरी सतह पर शीघ्रता से फैल जाते हैं। मच्छरों और कीड़ों के ये घर बन जाते हैं। खास तौर पर मच्छड़ इनके पत्तों के नीचे अधिक पैदा होते हैं। मलेरिया नामक रोग का नाश करने के लिए जल-कुम्भी को समय-समय पर निकाल कर जला दिया जाता है। किन्तु जलाने से अधिक लाभ नहीं होता। इसका कम्पोस्ट बनाने से अधिक लाभ होता है। इससे एक उत्तम कम्पोस्ट खाद बनायी जा सकती है। जितना नाइट्रोजन फॉस्फेट इसके कम्पोस्ट में रहता हैं, लगभग उतनी ही मात्रा में वह गोबर में भी रहता है। इसमें पोटाश गोबर की अपेक्षा पाँच गुना अधिक रहता है (दे० सारणी ७९)।

सारणी संख्या ७९

६५ प्रतिशत जल युक्त पदार्थ पर

	नाइट्रोजन %	फौसफोरिक अम्ल %	पोटाश %	कार्बनिक द्रव्य %
जलकुम्भी	०.६०	०.२३	२.६१	२८.
गोबर	०.५६	०.२०	०.५	२५.५६

जलकुम्भी के प्रयोग से मिट्टी में कार्बनिक द्रव्य की मात्रा अधिक बढ़ जाती है। जलकुम्भी का कम्पोस्ट बनाने के लिए पौधों को पहले सूर्य की किरण में शुष्क कर लेना चाहिए, जिससे रासायनिक द्रव्यों का ह्रास न हो। बिना सुखाये हुए कम्पोस्ट करने से जलकुम्भी का जल बाहर निकलता है और उसके साथ-साथ रासायनिक द्रव्य भी निकल जाते हैं। बर्मा इत्यादि देशों में प्रति एकड़ १० टन जलकुम्भी का कम्पोस्ट व्यवहार करने से धान की फसल में लगातार दो साल तक वृद्धि हुई है।

जलकुम्भी से कम्पोस्ट बनाना—कुम्भी जल में पैदा होने वाला जंगली पौधा है, जो हमारे तालाब, छोटे नालों तथा जलमार्ग में भयंकर रूप से फैलकर हमारे सामने कई मुश्किलें (मलेरिया इत्यादि) खड़ी कर देता है। इसमें दोष होते हुए भी एक बहुत बड़ा गुण है कि इसका कम्पोस्ट बहुत उत्तम होता है। अतः कुम्भी का उचित प्रयोग कम्पोस्ट बनाना है। यह बात सिद्ध हो चुकी है कि कुम्भी का कम्पोस्ट गोबर की खाद से कहीं अधिक लाभदायक है।

विधि (१) इसके लिए सबसे पहले किसी रस्सी या लम्बे बाँस को गढ़े के धरातल में ले जाना चाहिए और इस प्रकार जड़ से कुम्भी को तालाब के किनारे समेट लेना चाहिए।

(२) इसके बाद किसी ऊँची जगह पर तीन-चार दिन तक इसे सूखने दें।

(३) फिर नजदीक ही किसी ऊँची भूमि पर १० फुट लम्बी, ५ फुट चौड़ी, १ फुट ऊँची एक तह कुम्भी की बिछा दें।

(४) इस १ फुट मोटी तह पर दो इंच गोबर या कीचड़ डाल देना चाहिए।

(५) इस प्रकार क्रम से १ फुट मोटी कुम्भी की तह पर दो इंच गोबर या कीचड़ डालते जाँय, जबतक कि वह ढेर ५ फुट ऊँचा न हो जाय।

(६) इसके बाद उसे मिट्टी से अच्छी तरह ढक देना चाहिए।

(७) चार सप्ताह के बाद इस ढेर को अच्छी तरह उलट कर फिर मिट्टी से ढँक देना चाहिए। इस प्रकार इससे उत्तम कम्पोस्ट तैयार होने में तीन महीने का समय लगता है।

छोआ

छोआ—चीनी के कारखाने से चीनी साफ करने के बाद जो तरल पदार्थ निकलता है, उसे 'छोआ' कहते हैं। यह भारतवर्ष में तम्बाकू बनाने के काम में लाया जाता है। इसको सड़ाकर एल्कोहल इत्यादि भी बन सकता है। कुछ रासायनिकों ने इससे विभिन्न प्रकार के कार्बनिक अम्ल तैयार करने की विधि भी बतलायी है।

खाद के काम में लाने के लिए छोआ पर यथेष्ट अनुसंधान किया गया है। छोआ में अधिकतर शर्करा रहती है। इसमें नाइट्रोजन और प्रोटीन कम है। छोआ में रासायनिक द्रव्यों की मात्रा चीनी बनाने की विभिन्न प्रकार की विधियों पर निर्भर है। चीनी के कारखाने में चीनी को साफ करने के लिए दो प्रकार के रासायनिक द्रव्य काम में लाये जाते हैं; एक तो गन्धक जिससे सल्फर-डाई-आक्साइड (SO_2)

गैस बनाकर चीनी के शीरे में छोड़ते हैं और दूसरा चूना, जिससे कार्बन-डाइ-आक्साइड (CO_2) बनाकर चीनी के शीरे में छोड़ते हैं। दोनों ही गैसें चीनी के शीरे को साफ करती हैं। दोनों ही विधियों से दो प्रकार का छोआ निकलता है, दोनों में पौधों के लिए रासायनिक तत्त्वों की मात्रा भिन्न-भिन्न है। नीचे की सारणी सं० ८० में इनकी मात्रा दी गयी है।

सारणी संख्या ८०

सि० न०	प्रतिशत पोषक द्रव्य	गन्धक विधि वाले चीनी के कारखाने का छोआ	चूना विधि वाले चीनी के कारखाने का छोआ
१.	क्षार,	१३.००	१२.००
२.	सम्पूर्ण नाइट्रोजन,	०.२४	०.१७
३.	फास्फोरिक अम्ल,	०.०८	०.०३
४.	कैल्सियम आक्साइड,	१.५	१.००
५.	पोटाश,	२.८	२.८०
६.	एल्यूमिनियम और लौह आक्साइड	०.०२	०.१३

उत्तर प्रदेश और बिहार में छोआ पर अनुसन्धान हुआ है। डा० नील रत्न धर के अनुसन्धान से यह पता चला है कि ५० से ५०० मन तक छोआ पानी के साथ खेतों पर छिड़कने से धान, गेहूँ और ईख की फसल में उपज की वृद्धि यथेष्ट मात्रा में होती है। उत्तर प्रदेश में नगीना नामक स्थान पर प्रायोगिक कृषि अनुसन्धान से पता चला है कि १०० से २०० मन छोआ को खेतों में जल के साथ धान की रोपनी के एक महीना पहले देने से धान की फसल में वृद्धि होती है। बिहार की कृषि अनुसन्धानशाला में छोआ तथा अमोनियम सल्फेट पर प्रायोगिक कृषि अनुसन्धान से पता चला है कि छोआ २० पौन्ड नाइट्रोजन की दर से खेत पर प्रयोग करने से फसल में वृद्धि हुई है। शाहजहाँपुर यू० पी० और मद्रास में छोआ के प्रयोग से ईख की फसल में ३० प्रतिशत वृद्धि पायी गयी है। खेत पर छोआ को खाद की तरह प्रयोग करने के लिए कुछ नियमों का पालन करना पड़ता है।

(क) छोआ को जल में मिलाकर खेत पर बराबर-बराबर छिड़काव करना चाहिए।
(ख) खेत में छोआ देने के बाद बोने से पहले २ महीने तक हर १५ दिन पर खेत को गोड़ना चाहिए।
(ग) छोआ देने के पूर्व जितनी बार हो सके खेत की सिंचाई की जाय।

धर (N. R. Dhar) के अनुसन्धान से यह पता चलता है कि खेत पर छोआ देने के दो महीने बाद अधिक से अधिक अमोनिया निकलता है। इसके बाद अमोनिया से नाइट्रेट बनने लगता है। उनका कहना है कि बोअनी करने का यही समय है जब नाइट्रेट अधिक मात्रा में मिलने लगे।

मिट्टी में अधिक जल रहने पर छोआ पूर्ण रूप से विच्छेदित हो जाता है और उसमें स्थित शर्करा पूर्णतया कार्बन-डाई-आक्साइड में परिणत हो जाती है। इसके साथ मीथेन तथा हाइड्रोजन गैस भी बनती है। बहुत से कार्बनिक अम्ल भी मिट्टी में उत्पन्न होते हैं। छोआ के प्रयोग से लौह और एल्यूमिनियम आक्साइड भी बनते हैं जो पौधों के लिए हानिकारक सिद्ध हुए हैं। किन्तु एक महीने के बाद ये आक्साइड या तो अपक्षेपित हो जाते हैं या जल में विलयन बन कर खेत के बाहर निकल जाते हैं।

मिट्टी में छोआ के प्रयोग से मिट्टी की क्षारीयता नष्ट होती है और अम्लता उत्पन्न होती है, कारण इसके प्रयोग द्वारा मिट्टी में जो विच्छेदन होता है उससे कार्बनिक अम्ल उत्पन्न होता है। इससे यह सिद्ध होता है कि छोआ द्वारा हम ऊसर मिट्टी को उपजाऊ बना सकते हैं।

प्रेसमड––चीनी के कारखाने में जो चीनी के शीरे को छानने का यन्त्र है उसमें शीरे का अविलयनशील ठोस-पदार्थ जमा हो जाता है। इसको बाहर निकाल लिया जाता है। इसी को "प्रेसमड" अर्थात् दबाव द्वारा छानने के यन्त्र से निकली हुई कान्दो मिट्टी कहते हैं।

मछलियों की खाद

मछलियों की खाद सुखायी हुई मछलियों या मछलियों के चूरे या पाउडर के रूप में मिलती है। देश के जिन भागों में मछलियों का तेल निकाला जाता है वहाँ उनका तेल निकालने के बाद बची हुई मछलियों को खाद के काम में लाया जा सकता है। मछलियों की खाद में नाइट्रोजन के अतिरिक्त फास्फोरिक अम्ल भी काफी मात्रा में होता है। विविध प्रकार की मछलियों की खादों में खाद के तत्त्व विभिन्न मात्रा में पाये जाते हैं। मछलियों की खाद एक बहुत शीघ्र प्रभाव दिखाने-

वाली नाइट्रोजनीय जैविक खाद है। यह सभी प्रकार की भूमि में सभी फसलों के लिए उपयोगी है। यदि प्रयोग करने से पहले इसको बारीक पीस लिया जाय तो अच्छा रहता है।

सुखाया हुआ खून

सुखाये हुए खून या खून के चूरे में १० से १२ प्रतिशत तक फास्फोरिक अम्ल होता है। यह एक बहुत शीघ्र काम करने वाली खाद है। यह सभी प्रकार की भूमि में सभी फसलों के लिए लाभदायक है। इसका प्रयोग ठीक उसी प्रकार करना चाहिए, जिस प्रकार खलियों का किया जाता है। इसमें नाइट्रोजन १० प्रतिशत, फास्फोरिक अम्ल १.५ प्रतिशत और पोटाश १.० प्रतिशत रहता है।

हड्डी की खाद

यह फास्फेटीय उर्वरक के रूप में अधिकता से काम में लायी जानेवाली हड्डी की खाद है। इसमें थोड़ी-सी मात्रा नाइट्रोजन की भी होती है। यह दो रूपों में मिलती है—

(१) कच्ची हड्डी की खाद।

(२) भाप से पकायी हुई हड्डी की खाद।

साधारण या कच्ची हड्डी की खाद में तीन से चार प्रतिशत तक नाइट्रोजन और २० से २५ प्रतिशत तक फास्फोरिक अम्ल होता है। भाप से पकायी हुई हड्डियों की खाद में एक से दो प्रतिशत तक नाइट्रोजन और २५ से ३० प्रतिशत तक फास्फोरिक अम्ल होता है। इनमें नाइट्रोजन कार्बनिक रूप में रहता है। हड्डी की खाद सड़कर जैसे-जैसे भूमि में मिलती जाती है उसका नाइट्रोजन धीरे-धीरे फसलों को मिलता जाता है। हड्डी की खाद जितनी अधिक बारीक पीसी हुई होती है, उतनी ही अच्छी होती है। हड्डियों का वही चूरा खाद के रूप में काम में लाने के लिए अच्छा समझा जाता है जिसमें हड्डियों के टुकड़े आकार में ३।३२ इंच से अधिक बड़े नहीं होते।

भूमि में हड्डी की खाद का प्रयोग बुवाई के समय या उससे ठीक पहले किया जाता है। इसे खड़ी फसल में कभी नहीं भुरकना चाहिए। इसे खेत में या तो बुवाई की नली से डालना चाहिए या छिटक देना चाहिए। यह अच्छे जल-निकासवाली खुले कणोंवाली या अम्लीय भूमि के लिए विशेष रूप से उपयोगी है। भारी मिट्टी-वाली, चूनेवाली, कँकरीली भूमि को इससे अधिक लाभ नहीं होता। यह खाद सभी प्रकार की फसलों के लिए उपयोगी है।

हड्डी खाद (कच्ची) में ३ से २ प्रतिशत नाइट्रोजन रहता है, फास्फोरिक अम्ल २०.० से ३०.० प्रतिशत रहता है। पकायी हुई हड्डी की खाद में १ से २ प्रतिशत नाइट्रोजन और २५ से ३० प्रतिशत फास्फोरिक अम्ल रहता है।

मनुष्य का मल-मूत्र

मनुष्य की विष्ठा खाद के लिए आदि काल से व्यवहार में लायी जा रही है। चीन में यह विभिन्न विधि से व्यवहार में लायी जाती है।

भारतवर्ष के गाँवों में, खेतों में, मलमूत्र त्याग किया जाता है; कारण यह है कि वह खाद का काम कर सकता है। कृषक को यह मालूम है कि विष्ठा भूमि को अत्यन्त उर्वरा बनानेवाली खाद है। शहरों में, नगरपालिकाओं द्वारा विष्ठा इकट्ठी करके सड़ायी जाती है और सड़ी हुई अवस्था में जब वह गन्धहीन ठोस पदार्थ हो जाती है तब उसे वितरण किया जाता है।

मनुष्य का मूत्र भी खाद के काम में लाया जा सकता है। इसमें यूरिया की मात्रा अधिक रहने से यह एक अत्यन्त लाभदायक खाद हो सकता है।

प्रत्येक मनुष्य एक दिन में १,२०० ग्राम अर्थात् १ सेर १० छटाँक मूत्र और २०० ग्राम अर्थात् लगभग आधा सेर मल शरीर से बहिष्कृत करता है। यदि सभी मनुष्यों का मल-मूत्र इकट्ठा किया जाय तब हम इस महान योजना द्वारा इतनी खाद उत्पन्न कर सकते हैं कि संसार की बढ़ती हुई जन-संख्या के होते हुए भी १० वर्ष तक खाद और अन्न की समस्या हल हो जाय। किन्तु दुःख के साथ कहना पड़ता है कि ऐसी कोई योजना नहीं है और निकट भविष्य में इसके तैयार होने की कोई सम्भावना भी नहीं है।

मनुष्य के मूत्र में नाइट्रोजन यथेष्ट मात्रा में वर्त्तमान है। यह आयु के साथ सम्बन्धित है। कम आयु वालों के मूत्र में नाइट्रोजन ०.१५ प्रतिशत, तरुणों के मूत्र में १.०२ प्रतिशत तथा बूढ़ों के मूत्र में १.८४ प्रतिशत पाया जाता है। यदि प्रतिदिन प्रति मनुष्य १२०० ग्राम अर्थात् १ सेर १० छटांक मूत्र बहिष्कृत हो तो प्रतिदिन प्रति मनुष्य १३.३६ ग्राम नाइट्रोजन खाद के रूप में बहिष्कृत हो सकता है।

बच्चों के मल द्वारा प्रतिदिन २.३४ ग्राम, जवान मनुष्य के मल द्वारा प्रतिदिन १.९४ ग्राम और बूढ़ों के मल द्वारा प्रतिदिन ०.३२१ ग्राम नाइट्रोजन बहिष्कृत होता है। सारणी सं० ८१ में मल का रासायनिक विश्लेषण दिया जाता है।

सारणी सं० ८१

रासायनिक द्रव्य	मल		मूत्र	
	प्रतिशत	पौंड वार्षिक	प्रतिशत	पौंड वार्षिक
जल	७७.०	×	९६.०	×
कार्बनिक द्रव्य	२०.०	×	२.४	×
क्षार	३.०	×	१.३	×
नाइट्रोजन	१.०	१.४	०.६०	६.९
फॉस्फोरिक अम्ल	१.१	१.२	०.१७	३.२
पोटाश	०.२५	०.३	०.२	३.४

विष्ठा को कई प्रकार की क्रियाओं द्वारा ऐसा बना दिया जाता है जिससे वह खेतों में डालने के योग्य हो जाय और मनुष्य उसे हाथों से छू सके तथा वह गंधहीन ठोस पदार्थ बन जाय।

सबसे प्राचीन तरीका चीन में अपनाया गया। वहाँ विष्ठा को मिट्टी के बर्त्तनों में भरकर मुँहबंद करके रख दिया जाता है—जिससे वह तरल पदार्थ के रूप में हो जाय और उसके बाद तरकारी उपजानेवाले खेतों में हर पौधे की जड़ के समीप यह तरल पदार्थ खाद के रूप में छोड़ दिया जाता है। यह प्रथा अत्यन्त कठिन है क्योंकि मिट्टी के बर्तन छोटे होते हैं और अधिक पैमाने में खाद तैयार करने में कठिनाई होती है।

भारतवर्ष में विष्ठा को मिट्टी के गड्ढों में छोड़ दिया जाता है और ऊपर से मिट्टी से ढँक दिया जाता है। कहीं-कहीं खेतों में, पांतदार गड्ढे खोद कर विष्ठा डाल दी जाती है और मिट्टी से ढँक दी जाती है। कुछ समय के बाद, वह सड़कर गन्धहीन ठोस पदार्थ हो जाती है। उसे मिट्टी में अच्छी तरह से मिलाया जाता है। फिर सिंचाई करके फसल बोयी जाती है।

रासायनिक ढंग से विष्ठा की खाद बनाने की क्रिया भी काम में लायी गयी है। चूना मिला देने से विष्ठा सड़कर खाद के उपयुक्त हो जाती है। जहाँ चूना नहीं मिलता, वहाँ फिटकिरी, सूखा रक्त तथा मिट्टी भी मिलायी जाती है। गंधक का तेजाब (Sulphuric acid) भी प्रयोग में लाया जाता है।

विष्ठा की खाद पर प्रायोगिक अनुसंधान से पता चला है कि यदि इस खाद का उपयोग किया जाय तो फसलों की उत्पत्ति में यथेष्ट वृद्धि हो सकती है। सूरत में

६ वर्ष तक विष्ठा की खाद और प्रक्षेत्र खाद का प्रयोग खेतों पर किया गया। विष्ठा की खाद ८४ बैलगाड़ी तथा प्रक्षेत्र खाद ४० बैलगाड़ी प्रति एकड़ १९०४ ई० में डाला गया। खेतों में दो वर्ष तक सस्यावर्त्तन (crop rotation,) की प्रथा रखी गयी और पारी-पारी से कपास और ज्वार बोया गया। जो आँकड़े फसल की उपज के मिले हैं, वे नीचे की सारणी सं० ८२ में दिये जा रहे हैं।

सारणी सं० ८२

वर्ष	विष्ठावाला खेत (पौंड में)			प्रक्षेत्र खादवाला खेत (पौंड में)		
	ज्वार	पुआल	कपास	ज्वार	पुआल	कपास
१९०४	२,७२३	७.८८८	५२	२,१५६	६,५३७	१६१
१९०६	१२.२०	३,९६४	८९८	९३१	१,८७६	६३८
१९०८	१,५६९	३,०५२	७८९	७६९	१४,८४	४६५
१९१०	१,४२०	२,८७६	५१	१,०६७	१,८१३	५२
१९१२	५८८	१,६३५	५९१	७६७	१,७६७	३२३
१९१४	९९२	१,९६१	९९२	८५६	१,३८०	८५६
औसत ६ साल का	१,४२८	३,५६२	५६२	१,०९१	२,४७६	४१६

दिये हुए आँकड़ों से यह साफ पता चलता है कि विष्ठा की खाद का मिट्टी पर प्रभाव प्रयोग करने के कई वर्षों बाद तक रहता है।

नाली का गन्दा जल

शहरों में मल-मूत्र, कूड़ा-करकट मिला जल नालियों में बराबर बहता रहता है। यह जल इकट्ठा करके खाद के काम में लाया जाता है। इस प्रकार की खाद तरकारी, शाक-भाजी तथा ईख के लिए अत्यन्त लाभदायक है। कारण पौधे हरे पत्तों से लदे होते हैं और नाली के जल में नाइट्रोजन अधिक रहने के कारण हरे पत्तों में वृद्धि होती है। धान के खेत में भी इसका प्रयोग लाभदायक सिद्ध हुआ है। धान की फसल में २० प्रतिशत और उसके पुआल में ६५ प्रतिशत वृद्धि हुई है। इस खाद में जल मिलाकर देने से फसल में हानि कम होने की सम्भावना है।

ढँकी हुई नाली का जल

इन नालियों में विष्ठा भी रहती है। बन्द नालियों का जल एक जगह गड्ढे में गिरा कर मशीन से मथ दिया जाता है। इस प्रकार यह एक कलिलीय (Colloidal) प्रतिलम्ब बन जाता है जैसा कि तेल को पानी में मथने से उजला तरल पदार्थ बनता है। यह उन्हीं शहरों में हो सकता है, जहाँ बन्द नालियाँ सभी जगह दौड़ायी जायँ और सभी शौचालयों का लगाव इन नालियों से हो। यह वह उत्तम खाद है जिसका महत्त्व अनुसंधान द्वारा सिद्ध हो चुका है। मल-मूत्र को इस क्रिया द्वारा इतनी सुगमतापूर्वक खाद में परिणत किया जा सकता है, जितना अन्य किसी विधि से नहीं हो सकता—दुर्भाग्यवश भारतवर्ष के सभी शहरों में बन्द नालियाँ नहीं चलतीं। अतः मल-मूत्र को खाद में परिणत करने की यह विधि केवल कुछ ही शहरों में प्रचलित की जा सकी है।

सेप्टिक टैन्क का सूखा हुआ चूर्ण पदार्थ

आजकल शहरों में शौचालय बनाने की एक नयी विधि निकाली गयी है। शौचालय से मल-मूत्र का निकास सीमेन्ट और ईंट के बने एक बड़े बन्द गड्ढे में कर दिया जाता है। अजारक जीवी कीटाणुओं (Anaerolbic Bacteria,) के प्रभाव से विष्ठा इस टैंक में विच्छेदित होकर जल बन जाता है और कुछ अविलयन शील पदार्थ पेंदे में जमा हो जाता है तथा जल में भी विलयित द्रव्यों का स्थान मौजूद रहता है। ये दोनों पदार्थ ठोस और तरल खाद के काम में लाये जा सकते हैं।

सेप्टिक टैंक के पेंदे में जमा हुआ ठोस पदार्थ तथा बन्द नालियों से बाहर हुए मल-मूत्र द्वारा बनी खाद—दोनों ही पौधों को नाइट्रोजन प्रदान करते हैं। इनमें फास्फेट भी अधिक रहता है। सारणी सं० ८३ में इनके रासायनिक विश्लेषण से प्राप्त नाइट्रोजन और फ़ास्फेट के आँकड़े दिये जाते हैं।

अमेरिका में हुए अनुसंधान से पता चला है कि टोमैटो और प्याज की खेती में ये खादें बहुत लाभदायक होती हैं।

कार्बनिक खाद के वर्णन से यह पता चलता है कि इसकी आवश्यकता प्रायः सभी प्रकार की मिट्टियों को होती है। शुष्क प्रदेशों की मिट्टियों में उर्वरा शक्ति स्थिर रखने के लिए यह नितान्त आवश्यक खाद मानी गयी है।

हमारे देश में कार्बनिक खाद की कमी नहीं है। दुर्भाग्यवश हम उसका उपयोग नहीं कर सकते और वह निरर्थक सिद्ध होती है।

सारणी सं० ८३

	नाइट्रोजन प्रति १००,००० भाग पर	नाइट्रेट प्रति १००,००० भाग पर	फास्फेट प्रति १०,०,००० भाग पर
ताज़ा, बन्द नाली के द्वारा बहाया हुआ मल-मूत्र	५.५	०.११	४.०९
सेप्टिक टैंक का मल-मूत्र विच्छेदन के बाद	१८.४	०.७२	१२.७०

सारणी सं० ८४ में यह दिखाने की चेष्टा की गयी है कि भारतवर्ष में अधिक से अधिक कितनी कार्बनिक खाद की प्राप्ति हो सकती है।

सारणी सं० ८४

सभी आँकड़े लाख टन प्रतिवर्ष में दिये गये हैं !

	कार्बनिक खाद की प्राप्ति	शुष्क पदार्थ	कार्बनिक पदार्थ	नाइट्रोजन	फास्फेट P_2OS	पोटाश K_2TO
१	मवेशियों के मल, मूत्र, बिछाने के पुआल,(१५०० लाख मवेशी पर) से	१९८४	१५८२	५५.२४	८.५५	३७.७६
२	फ़सल के पुआल—पत्ते,भूसा इत्यादि से	३००	२५०	१२०	०.७०	२.१०
३	मनुष्य के मल-मूत्र से३६०० लाख जन-संख्या पर	३१२	१७६	१७.५०	४.५	६.१३
४	जंगलों के उन पत्तों इत्यादि से जिनसे खाद बन सकता है	२००	१६०	२.००	१.००	२.००
५	सम्पूर्ण कार्बनिक खाद से	२७.९६	२१६८	७५.८४	१४.६५	४७.९९

ऊपर के आँकड़ों से पता चलता है कि हमारे देश में आज भी इतना अधिक कार्बनिक द्रव्य प्राप्त है कि यदि सभी द्रव्यों का ठीक से उपचार किया जाय और उनसे खाद

बनायी जाय तो हमारी कृषि की बहुत कुछ समस्याएँ हल हो जायँ, किन्तु दुर्भाग्यवश ऐसा नहीं हो रहा है। यह नीचे की सारणी सं० ८५ में दिये गये आँकड़ों से विदित

सारणी सं० ८५

सभी आँकड़े एक लाख टन के गुणक हैं।

	प्राप्ति का साधन	शुष्क पदार्थ	कार्बनिक पदार्थ	नाइट्रोजन	फास्फेट P_2O_5	पोटाश K_2O
१	१,५०० लाख टन मवेशियों के मल-मूत्र से	७५०	१८०	४.५०	२.२०	६.००
२	१०० टन (लाख) कम्पोस्ट खाद	५०	१०	०.४०	०.२०	०.६०
३	१५ लाख टन शहरों का कम्पोस्ट	७.५	१.८	०.०७५	०.०७५	०.०७५
४	७.५ लाख टन खली	७.०	६.६	०.३५	०.१४	०.२१
५	१० लाख टन खाद, जिसमें हड्डी शामिल है।	१०.०	—	१.०	०.५०	०.०५
	पूर्ण योग	८२४.५	१९८.४	६.३२५	३.११५	६.९३५

	शुष्क पदार्थ	कार्बनिक पदार्थ	नाइट्रोजन	फौस्फेट P_2O_5	पोटाश K_2O
हमारी पूरी आवश्यकता २,५०० लाख एकड़ भूमि के लिए ३० पौंड नाइट्रोजन १५ पौंडफासफेट २० पौंड पोटाश और $\frac{1}{2}$ टन कार्बनिक द्रव्य प्रति एकड़	१८००	१२५०	३३.४८	१६.७४	२२.३२
हमारी कमी	९७५.५	१०५१.६	२७.१५५	१३.६२५	१५.३८

है। इस सारणी में कार्बनिक द्रव्यों से बनी खाद जो हमारे देश में सम्भवतः काम में लायी जाती हैं, दी गयी है। इन आँकड़ों में जीवाणुओं द्वारा अथवा दूसरी खाद द्वारा प्राप्त नाइट्रोजन शामिल नहीं है, क्योंकि उसका अन्दाज लगाना कठिन है।

सारणी के आँकड़ों से यह ज्ञात होता है कि उन सम्पूर्ण कार्बनिक पदार्थों का जो मिट्टी के लिए और कृषि में फसल उत्पादन के हेतु प्राप्त हो सकते हैं, बहुत ही कम हिस्सा हमें प्राप्त है। कृषि-वैज्ञानिकों का यह मत है कि हमारे देश में प्रति एकड़ फ़सल का उत्पादन इसी कारण से इतना कम है।

कार्बनिक खाद के बहुत से प्रयोग और अनुसंधान खेतों पर भिन्न-भिन्न प्रान्तों में हुए हैं। प्रायः सभी फसलों पर ये अनुसंधान हुए हैं। इन सब अनुसंधानों का सारांश यही निकला कि प्रायः सभी प्रकार की कार्बनिक खाद फसल की वृद्धि में कम या अधिक, सहायता पहुँचाती है। यहाँ पर ऐसे अनुसंधानों के कुछ आँकड़े दिये जा रहे हैं।

सारणी संख्या ८६

चावल पर किये गये अनुसंधान का परिणाम।

क्र० संख्या	प्रान्त	प्रदेश	प्रति एकड़ खाद की मात्रा	फसल में वृद्धि प्रति एकड़
१	आसाम	जोरहाट	गोबर ४० पौंड नाइट्रोजन	४० प्रतिशत
		जोरहाट	सरसों की खली नाइट्रोजन	५० प्रतिशत
		टीटावार	गोबर १०० मन (३० पौंड नाइट्रोजन)	२४ प्रतिशत
२	दक्षिण बंगाल	वाकुड़ा	खली २० पौंड नाइट्रोजन	४५४ पौंड
		चिन्सुरा	गोबर २० पौंड नाइट्रोजन	२९७ ,,
			खली १० पौंड नाइट्रोजन	२०० ,,
३	बिहार	गया	गोबर ४० पौंड नाइट्रोजन और फास्फेट ४० पौंड P_2O_5	४६ प्रतिशत
४	बम्बई	रत्नागिरि	खली २० पौंड नाइट्रोजन	४८७ पौंड
		कुम्ठा	गोबर २५ पौंड नाइट्रोजन	६६० ,,

मुगद	खली २० पौंड नाइट्रोजन और फौस्फेट २० पौंड P_2O_5	४२८ पौंड
मुगद	खली २० पौंड नाइट्रोजन	३४६ ,,
मुगद	गोबर २० पौंड नाइट्रोजन	२६० ,,

अनुसंधान के आँकड़ों से पता चलता है कि धान की फसल में कार्बनिक खाद से प्रचुर मात्रा में वृद्धि हो सकती है। मध्यप्रदेश, उत्कल प्रदेश, मद्रास तथा उत्तर प्रदेश में भी ऐसे अनुसंधान किये गये हैं और वहाँ भी कार्बनिक खाद से लाभ हुआ है। मध्यप्रदेश में ९८४ पौंड अधिक धान की फसल दिखलायी गयी है, जब कि मूँगफली की खली का व्यवहार खाद के रूप में किया गया मद्रास, उत्कल तथा उत्तर प्रदेश में मूँगफली के व्यवहार द्वारा धान की फसल में क्रमशः ४८० पौंड, ५५.६ पौंड तथा ४५० पौंड वृद्धि हुई। गेहूँ की फसल में भी कार्बनिक खाद द्वारा वृद्धि हुई है। सारणी सं० ८७ में इस अनुसंधान के आँकड़े दिये गये हैं।

सारणी संख्या ८७

क्रम सं०	प्रदेश	स्थान	प्रति एकड़ खाद की मात्रा	फसल में वृद्धि प्रति एकड़ पौंड
१	बिहार	पूसा	रेव खली २० पौंड नाइट्रोजन	२२५
			गोबर ४० पौंड नाइट्रोजन	६००
२	मध्य प्रदेश	नागपुर	गोबर ४० पौंड नाइट्रोजन	४२०
		जबलपुर	तिल की खली १५ पौं० नाइट्रोजन	२३०
		लामराड़ी	रेड़ी की खली ३० पौं० नाइट्रोजन	३५०
३	मद्रास	कोयम्बटूर	गोबर ५० पौंड नाइट्रोजन	४४०
४	उत्तरप्रदेश	प्रतापगढ़	रेड़ी (अंडी) की खली ८० पौंड नाइट्रोजन	६००
		कानपुर	गोबर ८,००० पौं० = ४० पौं० नाइट्रोजन	२६०

इस प्रकार सभी जगहों में ईख, कपास, ज्वार, बाजरा, शाक-भाजी दलहन इत्यादि फसलों में कार्बनिक खाद के प्रयोग पर अनुसंधान किया गया है और प्रायः हर फसल में वृद्धि देखी गयी है।

आजकल ईंधन के लिए गोबर की खाद से गैस के निकालने की विधि प्रचलित हो रही है। गोबर को यदि बन्द टैंक में अजारक जीवी कीटाणुओं द्वारा सड़ाया जाय तब उससे मीथेन गैस निकलती है। यह गैस भोजनालय में ईंधन के काम में आ सकती है और घरों को प्रकाश पहुँचाने के लिए भी उपयुक्त हो सकती है। गैस के निकाल लेने से खाद के लिए गोबर की शक्ति नष्ट नहीं होती। इस कारण खाद के साथ-साथ दो और आवश्यकताओं की पूर्ति हो जाती है—एक ईंधन (Fuel) की और दूसरी रात्रि में प्रकाश की। भारतवर्ष में ईंधन के लिए गोबर जलाते हैं। यह प्रथा बहुत ही हानिकारक है। इस हानिकारक प्रथा को रोकने की चेष्टा वर्षों से की जा रही है, किन्तु जब तक गाँवों में ईंधन के लिए किसी सस्ते पदार्थ का आयोजन नहीं होता, तब तक हमें यह समस्या हल करने की कोई आशा दीख नहीं पड़ती। गोबर-गैस द्वारा कुछ अंशों में यह समस्या हल हो सकती है। लेकिन इसकी मशीन बैठाने में पूँजी की आवश्यकता है और प्रायः किसान पूँजी लगाने में असमर्थ हैं। यदि गाँवों में सहयोग समितियों द्वारा यह कार्य किया जाय तो शायद सफलता मिल सकती है।

गोबर-गैस पर प्रथम अनुसंधान देसाई (Dr. S.V. Desai) की देखरेख में भारतीय कृषि अनुसंधानशाला, नयी दिल्ली (Indian Agricultural Research Institute, New Delhi) में हुआ। भारतवर्ष में अब कई कम्पनियाँ खुल गयी हैं, जो इसकी मशीन बेचती हैं। गोबर-गैस के बनाने के लिए एक लोहे की टंकी गैस रखने के लिए और दूसरी गोबर को सड़ाने के लिए आवश्यक है। प्रति पौंड गोबर से $\frac{१}{२}$ अथवा $\frac{३}{४}$ घनफुट गैस निकलती है। गैस में ५० से ६० प्रतिशत मीथेन (Methane), ३० से ४० प्रतिशत कार्बन-डाई-ऑक्साइड (CO_2) और १० प्रतिशत हाइड्रोजन (Hydrogen) रहता है। इसके जलने से जो ताप निकलता है उसका माप ६५० ब्रिटिश थरमल यूनिट (B.T.U.) प्रति घनफुट है। कोयले को जलाकर बम्बई और कलकत्ते में जो गैस ईंधन (Fuel) के लिए दी जाती है उसका तापमान ४००-५०० ब्रिटिश थरमल यूनिट (B.T.U.) प्रति घनफुट है। गोबर गैस के आविष्कार से भोजन के लिए ईंधन की और रात्रि में प्रकाश की समस्या हल हो सकती है। गैस निकल जाने के बाद जो गोबर बच जाता है उसमें १.२ से

१.५ प्रतिशत तक नाइट्रोजन रहता है। अनुसंधान से पता चला है कि यह गोबर जो गैस निकालने के बाद प्राप्त होता है ताजे गोबर अथवा प्रक्षेत्र खाद की अपेक्षा खाद के हेतु अधिक लाभदायक है।

गोबर से गैस निकालने के लिए पूँजी के रूप में प्रति पौंड **५ या ६ रुपया** खर्च पड़ता है।

रासायनिक खाद—रासायनिक खाद पौधों को तत्काल प्राप्त होती है, इसलिए इसका प्रयोग सावधानी से करना चाहिए। विभिन्न रासायनिक खादों के प्रयोग की विधि नीचे बतायी जाती है।

१—अमोनिया सलफेट

(**क**) फसलों पर इसका व्यवहार दो बार करना चाहिए। प्रथम बीज बोने के समय और द्वितीय पौधों के बड़े होने पर। यदि मटियार जमीन है तो बोने के समय भी पूरी मात्रा दी जा सकती है। परन्तु हल्की मिट्टी में दो-तीन बार में देना चाहिए, नहीं तो खाद-तत्त्व के बर्बाद होने की संभावना है।

(**ख**) इसे बीज के साथ नहीं मिलाना चाहिए। छींटते समय खाद पौधों पर नहीं पड़नी चाहिए।

(**ग**) अमोनियम सल्फेट के साथ नयी राख या मिट्टी मिलाकर जमीन में छींटने से खाद का वितरण समान रूप से होता है। पौधों पर गिरने से यह उनके पत्तों को नुकसान नहीं पहुँचाती।

२—**यूरिया**—यह भी नाइट्रोजनवाली खाद है। इसमें नाइट्रोजन की मात्रा अमोनियम सल्फेट से लगभग दुगुनी है; इसलिए इसकी मात्रा अमोनियम सल्फेट से आधी होगी। यानी जहाँ अमोनियम सल्फेट २ मन प्रति एकड़ देना है वहाँ यूरिया १ मन ही देना होगा। यूरिया खेत में बीज के साथ नहीं देना चाहिए, बल्कि इसे बीज बोने के तीन-चार दिन पहले खेत में डालकर मिट्टी में मिला देना चाहिए। इसे पौधों के बड़े होने पर भी अमोनियम सल्फेट की तरह खेत में दे सकते हैं।

३—**सुपर फ़ास्फेट**—इससे स्फूर्ति मिलती है। जमीन में देने से पौधों की जड़ में बढ़ने की शक्ति आती है तथा फल-फूल में वृद्धि होती है। दाने पुष्ट होते हैं और उपज बढ़ती है।

प्रयोग (१) बीज बोने के समय या पहले ही जमीन में सिंगल सुपर फॉस्फेट देना चाहिए। इसे हल के दरार (फरो), घोहा, सिरावर, हारई में मिट्टी के नीचे

डालना चाहिए। यह खाद बीज के जितना नजदीक होगी, उतना जल्द पौधों को भोजन के लिए मिल जायगी, किन्तु खाद और बीज मिलाना नहीं चाहिए।

(२) जिस जमीन में हरी खाद का प्रयोग करें उसमें सिंगल सुपर फौस्फेट, ढेंचा, सनई इत्यादि के बीज बोने के समय ही देना बहुत लाभप्रद है।

(३) धान में सिंगल सुपर फौस्फेट रोपनी के समय ही पूर्ण मात्रा में दे देना बहुत लाभप्रद है।

४—**हड्डी का चूर्ण**—इसका व्यवहार भी सिंगल-सुपर फौस्फट की तरह ही होता है। इसे जमीन में काफी पहले देना चाहिए, क्योंकि इसके सड़ने में देर लगती है।

नाइट्रोजन का पूरा फायदा उठाने के लिए, तथा जमीन को अच्छी हालत में रखने के लिए, नाइट्रोजन के साथ फॉस्फेट का रहना आवश्यक है।

५—**पोटासियम सल्फेट तथा म्यूरियेट आफ पोटाश**—पोटाश की खाद का व्यवहार खासकर, अधिक पोटाश चाहनेवाली फसल, जैसे—आलू, मिरचा, तम्बाकू प्याज, तरकारी, केला या और रेशेदार फसल वगैरह में अवश्य करना चाहिए।

प्रयोग (१) यह खाद भी पौधों को जल्द उपलब्ध होती है। इसे भी मिट्टी के नीचे जड़ों के पास डालना चाहिए।

(२) इसे खेतों में बीज बोने के समय या उससे कुछ पहले डालना चाहिए।

(३) आलू और तम्बाकू के लिए म्यूरियेट आफ पोटाश की अपेक्षा पोटाशियम सल्फेट अधिक अच्छा है।

नवाँ परिच्छेद

हरी खाद (Green manuring)

मिट्टी में हरी खाद देने की प्रथा अत्यन्त प्राचीन काल से प्रचलित है; आदिकाल में यूरोप में यह प्रथा जारी थी। रोम के कृषक भी इस प्रथा से परिचित थे। जर्मनी में १८८० ई० में शुल्ज, ल्यूपिज (Schulz-Lupitz) ने उत्तरी जर्मनी की बलुहट मिट्टी पर, ल्यूपिन नामक पौधों का हरी खाद के रूप में उपयोग करके सिद्ध किया कि उससे फसल की वृद्धि हो सकती है।

सनई, ढैंचा, मूँग, मेथी, उरद इत्यादि फलीदार पौधों को बोने के ५,६ सप्ताह बाद, खेत में जोतकर सड़ा देने को, हरी खाद देना कहते हैं। पलास, मदार आदि किसी भी पेड़ के पत्ते को हरी खाद के लिए उपयोग में ला सकते हैं।

१. हरी खाद से लाभ

हरी खाद से किसानों को बहुत लाभ होता है। इसका कारण यह है कि कार्बन और ऑक्सीजन पौधों में वायु से प्राप्त होता है और हरे पौधों को मिट्टी में मिलाकर जोत देने से मिट्टी को ऊपर लिखे तत्त्व प्राप्त हो जाते हैं। मिट्टी में फलीदार पौधों को जोतने से नाइट्रोजन भी अधिक मात्रा में मिट्टी को प्राप्त हो जाता है। पौधों के खनिज तत्त्व भी मिट्टी को प्राप्त होते हैं। हरी खाद पौधों को शीघ्र ही प्राप्य पोषक तत्त्व प्रदान करती है। जैसे-जैसे हरे पौधे मिट्टी में सड़ने लगते हैं, वैसे-वैसे पोषक द्रव्य तैयार होने लगते हैं। हरे पौधे मिट्टी से पोषक तत्त्वों को लेते हैं और यदि इनको मिट्टी में मिलाया जाता है तब ये उन तत्त्वों को फिर मिट्टी में लौटा देते हैं। हरी खाद द्वारा मिट्टी में जीवाणुओं की संख्या बढ़ती है।

२. पौधे जो खाद के काम में लाये जाते हैं

हरी खाद के उपयुक्त दो प्रकार के पौधे हो सकते हैं। एक फलीदार Legumes और दूसरे जो फलीदार नहीं है (Non-Legumes)। फलीदार पौधे वायु से नाइट्रोजन लेते हैं। ये अपनी जड़ों में गुल्म की रचना करते हैं, जिसमें नाइट्रोजन

प्रोटीन के रूप में स्थित होता है। इस कारण ये पौधे हरी खाद के लिए अधिक उपयुक्त हैं क्योंकि इनके द्वारा मिट्टी में नाइट्रोजन की वृद्धि होती है। जो पौधे फलीदार नहीं हैं, उनसे हमें यह लाभ नहीं होता।

जिस मिट्टी में अधिक खाद के प्रयोग के कारण नाइट्रोजन की मात्रा अधिक है, उसमें वे पौधे जो फलीदार पौधों की श्रेणी में नहीं आते, हरी खाद के समान व्यवहार किये जा सकते हैं।

फलीदार पौधों में एक विशेषता यह है कि वे ऐसी मिट्टी पर भी पनपते हैं, जिस में नाइट्रोजन की कमी है। फलीदार फसलों में अनेक प्रकार के पौधे होते हैं, जिनका संक्षेप में वर्णन किया जाता है।

(क) **सनई** (Crotalaria Juncea)—सनई हर प्रकार की मिट्टी पर उपजायी जा सकती है। हरी खाद के लिए इसकी उपज कमजोर भूमि में होती है। रेशे तथा बीज के लिए दोमट मिट्टी अच्छी है। मिट्टी में पानी नहीं लगना चाहिए। हरी खाद के रूप में प्रयोग करने के लिए यदि २½ मन प्रति एकड़ के हिसाब से सुपर-फास्फेट बीज बोने के समय दिया जाय तब इसकी जड़ों में गुल्मों की संख्या अधिक होती है और फलस्वरूप वायु से नाइट्रोजन अधिक मात्रा में मिट्टी में स्थित होता है। इसके द्वारा मिट्टी को प्रति एकड़ २०० से २५० मन वनस्पति पदार्थ प्राप्त होता है और प्रति एकड़ लगभग ६० पौंड नाइट्रोजन की वृद्धि मिट्टीमें होती है।

(ख) **ढैंचा** (Sesbania cannabruna Aculeata and aegyptiaca)—यह फलीदार पौधा उस नीची जमीन में, जहाँ जल अधिक जमा हो जाता है, हरी खाद की तरह प्रयोग किया जाता है। यह ऊसर जमीन पर भी उपजाया जा सकता है। यदि मिट्टी में जल अधिक हो तब यह आसानी से उपज सकता है और सिंचाई की आवश्यकता नहीं होती। बीज बोने के तीन महीने के बाद यह जोत दिया जा सकता है। मवेशी इसको नहीं खाते। इसकी जड़ों में अनेक गुल्म (Nodules) रहते हैं। यह जुलाई में बोया जाता है और अत्यन्त शीघ्र बढ़ने लगता है। अधिकतर यह धान के खेतों में बोया जाता है और धान बोने के पहले इसे हरी खाद के लिए मिट्टी में जोत देते हैं। इसकी ऊँचाई ३ से ६ फुट तक होती है। अधिकतर ढैंचा के बीज पाने में दिक्कत होती है। किसान बीज को पाने के लिए ढैंचा धान के साथ बोते हैं। बीज तैयार करने के कुछ तरीके नीचे लिखे जाते हैं।

(१) जिस तरह धान के लिए बिचड़ा (बीज के पौधे) तैयार करते हैं, उसी तरह

और उसी समय खेत के एक कोने में ८ फुट लम्बी ४ फुट चौड़ी और ३ इंच ऊँची क्यारी में ढैंचा का एक छटाक बीज बिचड़ा के लिए गिरा दें।

(२) ढैंचा का बिचड़ा ३–४ सप्ताह का होने पर लगायें, इससे ज्यादा दिन का नहीं होना चाहिए।

(३) धान रोपने के बाद ढैंचा के बिचड़ों को २–२ फुट या ३–३ फुट की दूरी पर धान के खेत के चारों तरफ मेंड़ के बगल-बगल रोप दें। २ या ३ फुट की दूरी का निर्णय जमीन की उर्वरा-शक्ति के अनुसार होगा।

(४) यह ढैंचा का बीज नवम्बर-दिसम्बर में तैयार हो जायगा। तब इसे काटकर बीज निकाल लें और अच्छी तरह रख लें तथा डंठल जलाने के काम में लायें। ध्यान रहे कि जब पत्ती कुछ-कुछ हरी रहे, तभी इसे काट लेना चाहिए नहीं तो झड़ने का डर रहेगा।

(५) एक एकड़ धान के खेत के चारों तरफ लगे ढैंचा के पौधे से लगभग ३०-४० सेर बीज मिलेगा, जो दूसरे साल दो से तीन एकड़ के लिए हरी खाद के हेतु काफी होगा। इसी में से अगले साल के लिए आधा सेर बीज रख लें, जो अगले साल इसी प्रणाली से बीज उपजाने के काम में लायें। इससे दो सौ मन तक वनस्पति पदार्थ (कार्बनिक द्रव्य) मिट्टी को प्राप्त होता है।

(ग) सोयाबीन—यदि हरे चारे के लिए इसकी खेती की जाय तो ७५–१०० मन उपज होगी।

सोयाबीन एक बहुत ही लाभदायक अन्न है। इस फसल का उपयोग तरह-तरह से किया जाता है। इसके तेल को खाने, साबुन बनाने तथा वार्निश बनाने के काम में लाते हैं। इसके बीज के आटे से दूध बनाते हैं। इसकी छीमियाँ तरकारी के उपयोग में आती हैं। इसकी फसल को हरी खाद, तथा पशुओं के लिए पुष्टिकारक चारे के रूप में व्यवहार करते हैं। इसका जन्म-स्थान पूर्वी एशिया का भाग माना जाता है। चीन तथा जापान के लिए यह प्रधान तेलहन की फसल है। अर्जेनटाइना, संयुक्त राज्य अमेरिका, आस्ट्रेलिया तथा भारतवर्ष में इसकी खेती होती है। बिहार के उत्तरी भाग के कुछ किसान इसे उपजाते हैं, परन्तु बहुत-से किसान अब भी इस फसल से अनभिज्ञ हैं।

इसकी खेती अनेक प्रकार की मिट्टियों में होती है। उर्द, मूँग आदि के उपजाने योग्य किसी भी खेत में इसकी फसल हो सकती है। खेत में पानी नहीं लगना चाहिए। दोमट तथा भारी दोमट मिट्टी इसके लिए उपयुक्त है।

(घ) **बरसीम**—दुधार पशुओं के लिए बरसीम रबी की बेजोड़ घास है। जिन क्षेत्रों में सिंचाई की सुविधा है, वहाँ के लिए यह वरदान है। यह खाद्य तत्त्वों से पूर्ण है तथा अधिक काम करनेवाले बैलों की शक्ति कायम रखने में बहुत उपयोगी है। इसका चारा बहुत ही पौष्टिक तथा साथ ही साथ स्वादिष्ठ भी होता है। यह दलहन जाति की फसल है। अतः इससे जमीन की उर्वरा शक्ति भी बढ़ती है। इसका जन्मस्थान मिश्र है।

इसकी फसल विभिन्न प्रकार की मिट्टियों में हो सकती है। दलहन की फसल होने के कारण कुछ कमजोर जमीन में भी इसे उपजा सकते हैं। हल्की दोमट मिट्टी इसके लिए उपयुक्त है। एक एकड़ जमीन में ५०० से १,००० मन तक हरा चारा तैयार होता है।

(च) **लूसर्न**—लूसर्न दलहन जाति का चारा है। इसकी बोवाई एक बार करने पर कई सालों तक यह उपजता रहता है। इसका जन्म स्थान दक्षिणी-पश्चिमी एशिया के वे भाग है, जिनमें टर्की, फारस तथा अफगानिस्तान पड़ते हैं। दुनिया के शुष्क भागों में इसकी खेती विस्तृत रूप से होती है।

लूसर्न गर्मी तथा ठंढक दोनों सह सकता है। अधिक ताप के साथ-साथ हवा में अधिक नमी रहने से इसके पौधों को क्षति पहुँचती है। उन जगहों में जहाँ ४०" से अधिक वर्षा होती है, इसकी खेती नहीं हो सकती। मार्च से सितम्बर तक करीब-करीब यह सुषुप्तावस्था में रहता है।

इसकी खेती विभिन्न प्रकार की मिट्टियों में कर सकते हैं। इससे बोये गये खेत में पानी नहीं लगना चाहिए। गहरी तथा हल्की दोमट मिट्टी इसके लिए सबसे उत्तम है। प्रति एकड़ जमीन में ३०० से ४०० मन तक हरा चारा तैयार होता है।

(छ) **कुलथी**—कुलथी की खेती किसान अधिकतर चारे तथा हरी खाद के लिए करते हैं। इसकी खेती मद्रास तथा बम्बई राज्यों में अधिक की जाती है। बिहार के छोटा नागपुर के इलाके में किसान इसे अधिकतर उपजाते हैं।

इसकी खेती के लिए हल्की बलुही मिट्टी उपयुक्त है। छोटा नागपुर की लाल मिट्टी में भी यह अच्छी तरह उपजती है। बिहार में यह खरीफ की फसल है। रबी की फसल कट जाने के बाद इसे अतिरिक्त फसल (catch crop) के रूप में भी उपजा सकते हैं। प्रति एकड़ बीज की मात्रा १०–१२ सेर है। चारे के लिए इसे बीज बोने के एक डेढ़ माह के बाद काट लेते हैं। चारे की उपज प्रति एकड़ ५०–६० मन होती है।

हरी खाद के लिए कुछ ऐसी फसलें भी उपजायी जाती हैं जो फलीदार नहीं होतीं। उनमें राई, गेहूँ, सरसों, मक्का इत्यादि हैं। इनकी जड़ें मिट्टी में छोड़ दी जाती हैं। जड़ों में नाइट्रोजन अधिक रहता है। कहा जाता है कि मक्के की जड़ें वायु से नाइ-ट्रोजन शोषित करती हैं।

हरी खाद पर अनुसंधान

हरी खाद पर संसार के विभिन्न प्रदेशों में विभिन्न मिट्टियों द्वारा अनुसन्धान किया गया है। जौफे (J.S. Joffe) ने इस अनुसंधान पर एक विद्वत्तापूर्ण लेख 'एड्वान्सेज् इन एग्रोनोमी भाग ७ (Advances in Agronomy Volume VII) में प्रकाशित किया है। इनका मत है कि विभिन्न जलवायु में उत्पन्न विभिन्न मिट्टियों पर अलग-अलग हरी खाद का प्रभाव होता है। इनके मत के अनुसार हरी खाद से मिट्टी को निम्नलिखित लाभ पहुँच सकता है।

(क) कार्बनिक द्रव्यों की वृद्धि।
(ख) पोषक द्रव्यों की प्राप्यता।
(ग) मिट्टी की कण-संरचना (structure) में लाभ।
(घ) मिट्टी की जल-धारण तथा शोषण-शक्ति में वृद्धि और हरी खाद से इसका सम्बन्ध।
(च) भविष्य की फसलों को लाभ।

लैटेराइट (Laterite) नामक मिट्टी में जो अधिक वर्षा और अधिक तापमान में पायी जाती हैं, हरी खाद के प्रयोग से कार्बनिक द्रव्यों की वृद्धि नहीं होती। ऐसी मिट्टियों पर अमेरिका में पीटर्स (Peiters), टौमसन (Thomson 1947), रौबर्ट्सन (Robertson 1952) और जौनसन (Johnson 1951) ने दक्षिण अमेरिका, फ्लोरिडा और अलबामा में हरी खाद के सम्बन्ध में बहुत दिनों तक अनुसंधान किया और इस सिद्धान्त को दृढ़ किया कि लैटराइट मिट्टी पर हरी खाद के प्रयोग से कार्बनिक द्रव्यों में अन्तर नहीं पड़ता। जौनसन ने यह साबित किया कि इन मिट्टियों पर गोबर की खाद के प्रयोग से कार्बनिक द्रव्यों में वृद्धि होती है। जौफे का मत है कि प्रत्येक विभिन्न जलवायुवाले प्रदेश में कार्बनिक द्रव्य की मात्रा निहित है और जितना भी कार्बनिक द्रव्य मिट्टी में डाला जायगा, अन्त में वह उस निर्दिष्ट मात्रा पर आकर स्थिर हो जायगा; खास कर उष्ण प्रदेश में जहाँ तापमान और जलवायु की मात्रा अधिक होने के कारण कार्बनिक द्रव्य का विच्छेदन होता रहता है। हरी

खाद द्वारा इसकी वृद्धि की आशा निर्मूल है। ल्यूगो-लौपेज और बौने (Lugo-Lopez and Bonnet-1953) ने १३ महीने के बाद भी हरी खाद के प्रयोग से मिट्टी में कार्बनिक द्रव्य की कुछ भी वृद्धि नहीं पायी। थर्न (Thern-1936) ने अफ्रीका में जहाँ ५ या ६" इंच वर्षा होती है और जहाँ के जलवायु में शुष्कता है और जिसे शुष्क प्रदेश ही कहते हैं हरी खाद द्वारा कार्बनिक द्रव्य की वृद्धि मिट्टी में पाना निरर्थक और निर्मूल बतलाया है। शरबेटौफ (Scherbatoff) ने दक्षिण अफ्रीका में हरी खाद का मिट्टी पर तीन प्रकार से प्रयोग किया। प्रथम उसे खेत में ही हरी अवस्था में जोत दिया। द्वितीय उसे सड़ाकर मिट्टी में डाला और तृतीय उसे जलाकर राख बनाकर तथा सभी कार्बनिक द्रव्य को नष्ट करके डाला। उनके अनुसन्धान के अनुसार मिट्टी के कार्बनिक द्रव्य में तथा आनेवाली फसल में कोई भी अन्तर, तीनों प्रकार की रीति को अपनाने पर नहीं हुआ। सेन और बेन—१९५२ (Sen and Baine-1952) ने भारतवर्ष में अनुसन्धान करके शरबेटौफ (Scherbatoff) के मत का समर्थन किया। औरचर्ड—१९५२ (Orchard-1952) ने दक्षिण अफ्रीका में इसका समर्थन किया।

हरी खाद मिट्टी से पोषक द्रव्यों का शोषण करती है। यदि यह नहीं होता तब वे पोषक द्रव्य मिट्टी से नीचे की ओर परिच्यवित हो जाते हैं। इस उपयोग के बाद जब हरी खाद को मिट्टी में जोत दिया जाता है, तब मिट्टी से पौधों के लिए पोषक द्रव्य दो प्रकार से प्राप्त हो सकते हैं। (१) जब हरी खाद का विच्छेदन मिट्टी में होता है तब उससे कार्बनिक, अम्ल-जैसे कुछ द्रव्य, निकलते हैं जो मिट्टी में स्थित अविलयनशील खनिज के साथ प्रतिक्रिया करके पौधों के लिए पोषक द्रव्यों की उत्पत्ति करते हैं। (२) आधुनिक सिद्धान्त यह है कि हरी खाद के सड़ने से मिट्टी के द्रव्य का विच्छेदन क्रिया में उपयोग होता है, अर्थात् ये अकार्बनिक द्रव्य कार्बनिक में परिणत होते हैं। पीछे चलकर जब खनिजकरण (Mineralisation) की क्रिया होने लगती है तब पोषक द्रव्यों की उत्पत्ति होने लगती है। चाहे जो भी कारण मान्य हो, फिर भी यह सर्वसिद्ध है कि मिट्टी से पोषक द्रव्यों की प्राप्ति के लिए हरी खाद का मिट्टी में मिलने के पश्चात् सड़ना अथवा विच्छेदन अत्यन्त आवश्यक है। यह विच्छेदन क्रिया विभिन्न प्रदेशों के जलवायु द्वारा निर्धारित विभिन्न मिट्टियों की बनावट पर निर्भर है। यही कारण है कि हरी खाद द्वारा पौधों के लिए पोषक द्रव्यों की प्राप्ति भी मिट्टियों की बनावट पर ही निर्भर है। उष्ण तथा शुष्क प्रदेशों में जहाँ लैटेराइट मिट्टी के बनने की सम्भावना है, जो भी हरी खाद के कार्बनिक द्रव्य कार्बनिक अम्ल

में विच्छेदित होते हैं, वे जीवाणुओं द्वारा उपयोजित होकर उनके शरीर की रचना करते हैं। इस कार्बनिक अम्ल को मिट्टी के खनिज के साथ प्रतिक्रिया करने का कम समय मिलता है। इसलिए पोषक द्रव्यों के उत्पादन का प्रथम सिद्धान्त इस प्रकार की मिट्टियों पर लागू नहीं होता। अकार्बनिक अम्ल जैसे नाइट्रिक सल्फ्यूरिक इत्यादि मिट्टी के भस्मों (Bases) के साथ मिलकर फिर से लवण बन जाते हैं। उष्ण प्रदेशीय भीषण वर्षा के द्वारा ये सभी विच्छेदित पदार्थ परिच्यवित हो जाते हैं। लैटेराइट मिट्टियों में लौह और एल्युमिनियम के अधिक होने से खनिज के ऊपर इन तत्त्वों की एक परत बैठ जाती है, जो पूरी खाद से उत्पन्न द्रव्यों की अपने ऊपर प्रतिक्रिया का अवरोध करती है। इसलिए खनिजों द्वारा पोषक द्रव्यों की उत्पत्ति की सम्भावना कम है। केवल हरी खाद के कार्बनिक द्रव्य द्वारा परिणत अकार्बनिक द्रव्य ही आगे चलकर पौधों के लिए पोषक बन सकते हैं।

वाइन (Vine-1953) और मेहता—१९५० ने नाइजीरिया और भारतवर्ष में हरी खाद पर अनुसंधान करके यह सिद्धान्त निकाला कि हरी खाद के गाड़ने की अपेक्षा उसका खेतों पर जला देना ही अधिक लाभकारी होगा। वाइन ने इस सिद्धान्त की स्थापना २० वर्ष तक निरन्तर कार्य करने के बाद की। अन्य देशों में फौकनर (Faulkner- 1933-1934) तथा फ्रीज (Frieze-1939) ने भी यही सिद्धांत स्थापित किया है। इससे तो यही पता चलता है कि लैटेराइट तथा अन्य उसी प्रकार की मिट्टियों में हरी खाद द्वारा दिये गये कार्बनिक द्रव्यों का मिट्टी में कोई उपयोग नहीं है, क्योंकि जला देने के बाद कार्बनिक द्रव्य नष्ट हो जाते हैं, और बिना जलाये हुए तथा जलाकर प्रयोग करने से एक-सा ही लाभ होता है। यद्यपि विज्ञान इसके कारण के बारे में आज भी अनभिज्ञ हैं, फिर भी अनुमान किया जाता है कि जलाने से जो क्षार की उत्पत्ति होती है, वह जीवाणुओं द्वारा मिट्टी में वायु के नाइट्रोजन को स्थिर (fix) करने में सहायता पहुँचाता है। यही कारण है कि हरी खाद के जलाने से लाभ हुआ है। यह अनुसंधान द्वारा सिद्ध हो चुका है।

लैटेराइट मिट्टी में हरी खाद के व्यवहार से मिट्टी की कण-रचना पर क्या प्रभाव पड़ता है, इसका ठीक-ठीक उत्तर वैज्ञानिक अनुसंधान द्वारा, हमें प्राप्त नहीं हो सका है। कारण मिट्टी की कण-संरचना की विश्लेषण क्रिया अभी परिशुद्ध नहीं है। मिट्टी की कण-संरचना में दो बातों का ध्यान रखना आवश्यक है। (एक) कणों के परस्पर बन्धन (Binding effect) और दूसरा (२) स्थायीकरण (stabilization), जिसे बन्धन, ठहराव या स्थितीकरण कह सकते हैं।

चिकनी मिट्टी कणों को बाँधती है, परन्तु बन्धन के स्थितीकरण के लिए कार्बनिक द्रव्य के साथ द्विसंयोजक (Divalent) आयन (ion) जैसे कैलसियम (calcium) तथा अन्य त्रिसंयोजक (Trivalent) आयन (ion) की आवश्यकता पड़ती है। प्राय: देखा गया है कि बलुहट मिट्टी में कार्बनिक द्रव्यों के व्यवहार से मिट्टी की कण-संरचना में वृद्धि होती है। परन्तु इससे यह नहीं समझना चाहिए कि यह स्थायी है, क्योंकि बालू के कण कार्बनिक पदार्थों के विच्छेदन से निकले हुए कुछ विशेष द्रव्यों द्वारा बँध जाते हैं, जिसमें हम भूल से कण-संरचना की क्रिया का आभास पाते हैं। वास्तव में यह कण-संरचना की क्रिया नहीं कही जा सकती। जैसा कि पहले कहा गया है, लैटराइट नामक मिट्टी में अधिक विच्छेदन होने के कारण कार्बनिक द्रव्यों की कमी रहती है। इन मिट्टियों में लौह और एल्यूमिनियम अधिक रहता है और अम्लता भी अधिक रहती है। इस कारण कैलसियम कम रहता है। अधिक जल होने और कम कैलसियम रहने के कारण कैलसियम ह्यूमेट (calcium Humate) बनकर भी स्थायी नहीं रह सकेगा। यह क्रिया ह्यूमेट के संसज्जन (Mobilization) में सहायक होती है, क्योंकि इसका वियवन नियतांक (Dissociation constant) कम है। लैटेराइट मिट्टियों में सुघट्यता (Plasticity) नहीं है, क्योंकि चिकनी मिट्टी द्वारा बँधे हुए कणों पर लौह की एक परत बैठ जाती है। इस कारण इन मिट्टियोंमें कण-संरचना और स्थिरता लौह जेल (gel) से होती हैं जो जलरहित होने पर चिकनी मिट्टी की सुघट्यता को कम कर देती हैं।

लैटराइट मिट्टी में हरी खाद द्वारा कण-संरचना की वृद्धि होने का प्रमाण कम मिलता है। मार्टिन (Martin) ने उगान्डा (Uganda अफ्रीका) में अनुसन्धान करके यह बतलाया कि हरी खाद द्वारा कैल्सियम की उपस्थिति या अनुपस्थिति दोनों ही अवस्थाओं में कण-संरचना की वृद्धि नहीं पायी गयी। भौमिक और राय चौधरी ने भारतवर्ष में अनुसंधान द्वारा यह बतलाया है कि कार्बनिक द्रव्यों द्वारा मिट्टी की संरचना में कोई वृद्धि होने का प्रमाण प्राप्त नहीं हुआ है। जिस प्रदेश में लैटेराइट मिट्टी ऐसी अवस्था में बनी है, जहाँ बहुत देर तक शुष्क अवस्था रहती है, बन्दूक के छर्रे जैसी संरचना देखने को मिलती है। हो सकता है कि लौह जेल (gel, श्लिषि) विलयनशील कार्बनिक कलिल (organic collioid) के साथ मिलकर जल की कमी के कारण कणों को मिलाकर सीमेन्ट के जैसा कार्य करता हो और कणों के समूह को ठोस बना देता हो। इसके बाद जल के परिच्यवन से इन ठोस कण समूहों में गोलाकार छर्रे-जैसी आकृति आ जाती हो।

हरी खाद का मिट्टी में स्थित जल से गहरा सम्बन्ध है। यदि मिट्टी में जल की कमी है तब विच्छेदन धीरे-धीरे होगा और इस कारण मिट्टी में हानिकारक जीवाणुओं की वृद्धि होती रहेगी। ऐसी अवस्था, कम वर्षा वाले प्रदेश में हो सकती है, किन्तु लैटेराइट मिट्टी उन जगहों में पायी जाती है जहाँ वर्षा अधिक होती है और हरी खाद के व्यवहार से ऐसी मिट्टी पर पौधों को हानि पहुँचने की सम्भावना कम है। आर्द्र और उष्ण प्रदेश में मिट्टी में जल की कमी नहीं रहती और हरी खाद के व्यवहार से पौधों को पोषक द्रव्य प्राप्त हो जाता है; किन्तु ये द्रव्य परिच्यवित होकर पौधों के लिए अप्राप्य भी हो सकते हैं। हरी खाद के प्रयोग के बाद अधिक जुताई कर देने से विच्छेदन की क्रिया कम कर दी जा सकती है; क्योंकि इससे मिट्टी में जल की कमी हो जाती है।

हरी खाद के प्रयोग से एक फसल के बाद दूसरी फसल को कितना लाभ हो सकता है, इस विषय पर भी अनुसन्धान हुआ है। कहा जाता है कि दूसरी फसल का लाभान्वित होना, उन भिन्न-भिन्न पौधों पर निर्भर है जो हरी खाद के लिए व्यवहार में लाये जाते हैं। अमेरिका की लाल पीली मिट्टी पर अनुसन्धान करने से ज्ञात हुआ कि दूसरी फसल पर हरी खाद का प्रभाव उतना नहीं पड़ता। सिर्फ आनेवाली एक ही फसल पर कुछ प्रभाव पड़ सकता है। जिस प्रकार लैटेराइट मिट्टी के सम्बन्ध में विचार प्रगट किया गया है, उसी प्रकार अब पौडसौल मिट्टी पर भी जो आन्वेषण हुआ उसका वर्णन नीचे दिया जाता है। इस मिट्टी की उत्पत्ति अत्यन्त शीत प्रदेश में होती है। इन मिट्टियों में कार्बनिक द्रव्य तथा अम्लता अधिक रहती है। इस वर्ग में भिन्न प्रकार की मिट्टियाँ होने के कारण हरी खाद का प्रभाव भिन्न-भिन्न है।

अमेरिका के न्यूजर्सी तथा फ्लोरिडा में हरी खाद से लाभ हुआ है। यहाँ की मिट्टियों में २० प्रतिशत कार्बनिक द्रव्य हैं और ये मिट्टियाँ पौडसौल के वर्ग में आती हैं। मेन (Maine) की मिट्टियों पर, जो उत्तरी प्रदेश में हैं, अनुसन्धान हुआ है। टरमैन (Terman-1949) ने यहाँ की मिट्टियों पर अनुसन्धान करके पता चलाया कि हरी खाद से कोई विशेष लाभ नहीं हुआ है। शीत प्रदेश के दक्षिण भाग में जहाँ आर्द्रता अधिक है, हरी खाद से कोई लाभ नहीं हुआ है। इन मिट्टियों में कार्बनिक द्रव्य की वृद्धि नहीं हुई।

पौडसौल वाले प्रदेश में कार्बनिक द्रव्य का विच्छेदन धीरे-धीरे होता है। इसलिए प्राप्य पोषक द्रव्य पौधों को अधिक दिन तक प्राप्त होते हैं, किन्तु उनकी उत्पत्ति अधिक नहीं होती। हरी खाद देने से कार्बनिक द्रव्यों के विच्छेदन में समय लगता है और

पोषक द्रव्य धीरे-धीरे प्राप्त होते हैं। पौडसौल मिट्टी में पोषक द्रव्यों की उत्पत्ति शीघ्र होने के लिए कुछ खनिज द्रव्यों का प्रयोग करना चाहिए।

पौडसौल मिट्टी की नाइट्रोजन स्थिरता पर अनुसन्धान कम हुआ है और यह कहा नहीं जा सकता कि हरी खाद का प्रभाव इस मिट्टी पर ऊपर दी गयी क्रियाओं के सम्बन्ध में किस प्रकार पड़ता है।

पौडसौल मिट्टी में कण-संरचना लौह द्वारा नहीं होती जैसी कि लैटेराइट में हुआ करती है। यहाँ तो कार्बनिक द्रव्यों द्वारा ही यह संरचना होती है। शेरनोजेम (Chernogem soil) में कण-संरचना तथा उनकी स्थिरता अत्यन्त अधिक होती है। कारण यह है कि इस मिट्टी में कैलसियम अधिक है और उसके साथ कार्बनिक द्रव्य मिलकर कैलसियम ह्यूमेट बनाते हैं। यह पदार्थ कणों को आवृत कर देता है और आपस में इनको जुटा देता है। जल की कमी होने पर यह पदार्थ जुटे हुए कणों को मजबूती के साथ बाँध देता है और ये कण आपस में ऐसे दृढ़ हो जाते हैं कि जल का प्रभाव इन पर नहीं पड़ता। इसके विपरीत पौडसौल में कैलसियम की कमी होने से हाइड्रोजन ह्यूमेट का निर्माण होता है। ऐसी मिट्टियों में संरचना के लिए वही हरी खाद सबसे उत्तम होगी जिसकी जड़ दूर-दूर तक फैली हो। जड़ों द्वारा भी मिट्टी की संरचना स्थिर रह सकती है। ऐसी मिट्टियों में नाइट्रोजन का प्रयोग स्थगित कर देने से पौधों की जड़ें दूर-दूर तक फैल जायेंगी और संरचना में अधिक लाभ होगा। कैलसियम सल्फेट (gypsum,) के प्रयोग से भी लाभ होता है। पौडसौल मिट्टी में हरी खाद देने की प्रणाली भिन्न होनी चाहिए। हरी खाद के ऊपरी हिस्से को सुखाकर मिट्टी में मिला देने से अधिक लाभ होगा। मिट्टी में सड़ाने से कार्बन डाइ-ऑक्साइड अधिक मिलता है पर यह गस जड़ों को हानि पहुँचाती है। गोबर की खाद और हरी खाद में यही अन्तर है कि गोबर की खाद या कम्पोस्ट पहले ही सड़ा दी जाती है, इसलिए कार्बन-डाई-ऑक्साइड के निकलने का और मिट्टी के कणान्तरिक छिद्र (Pore-space) में इसका प्रवेश तथा जड़ों को हानि पहुँचाने का प्रश्न नहीं उठता, किन्तु हरी खाद के साथ ये सब क्रियाएँ होती हैं जिनसे जड़ों को हानि पहुँचने की सम्भावना है।

पीटर (Pieter-1927) और रसेल—(Russel-1929) ने अनुसन्धान करके यह बतलाया कि हरी खाद से उन प्रदेशों में कोई लाभ नहीं होता, जहाँ वर्षा की मात्रा कम से कम २० इंच प्रतिवर्ष नहीं होती। बर्नहार्डी (Bernhardy-1954) ने हाल में ही एक लेख में यह मत प्रगट किया है कि हरी खाद से सम्भवत: उन प्रदेशों

में कोई लाभ नहीं हो सकता, जहाँ वर्षा ३० इंच प्रतिवर्ष से कम हो। पौडसौल वाले प्रदेश में, जल की कमी न होने से, हरी खाद के सड़ने में बाधा नहीं पहुँचती।

अब शेरनोजेम (Schernogem) मिट्टी पर हरी खाद की उपयोगिता का वर्णन करते हैं। जैसा पहले कहा जा चुका है, कि इन मिट्टियों में कार्बनिक द्रव्यों की कमी नहीं है और कैल्सियम अधिक होने से कैल्सियम ह्यूमेट का निर्माण भी होता है। यही कारण है कि इन मिट्टियों में संरचना का प्रश्न नहीं उठता। हरी खाद द्वारा आनेवाली फसल को लाभ का सवाल भी नहीं है, क्योंकि इन मिट्टियों में ऐसी फसल उपजती हैं जिनकी जड़ों द्वारा यथेष्ट कार्बनिक द्रव्य प्राप्त हो जाता है और दूसरे वर्ष में आनेवाली फसल को हानि नहीं पहुँचती। अर्थात् हरी खाद का अवशिष्ट प्रभाव इन मिट्टियों पर उतना नहीं पड़ता।

इन मिट्टियों को दो ही प्रकार से हरी खाद की आवश्यकता हो सकती है। एक पोषक द्रव्यों की प्राप्ति के लिए और दूसरी मिट्टी के जल से इस खाद के सम्बन्ध के लिए।

यदि मिट्टी में यथेष्ट जल की प्राप्ति हो तब हरी खाद से शेरनोजेम मिट्टी में पोषक द्रव्यों की उत्पत्ति होने की सम्भावना है। अधिक कैल्सियम होने से कार्बनिक अम्ल फास्फेट परिच्यवित नहीं होते और वे धीरे-धीरे पोषक द्रव्यों की प्राप्ति में सहायता पहुँचाते हैं। इन मिट्टियों में हरी खाद के जोतने और मिट्टी में गाड़ने के समय थोड़ा नाइट्रोजन, पोटाश फास्फेट (K) और मैगनीशियम (Mg) देना चाहिए।

वसन्त ऋतु में इन मिट्टियों में जल की कमी होने से हरी खाद की उपयोगिता में कमी पड़ सकती है।

भारतवर्ष में सनई पर अधिक अनुसन्धान हुआ है। मद्रास में सनई, ढैंचा, नील, पीली पेसारा (Pelli Pesara) इत्यादि हरी खाद से यथेष्ट लाभ हुआ है। इस प्रदेश में हुए अनुसन्धान से ज्ञात हुआ है कि ढैंचा, केवाल तथा दोमट मिट्टी (Heavy soils) के लिए अधिक लाभदायक है और ऊसर मिट्टी में भी प्रयोग किया जा सकता है। मध्य प्रदेश के अनुसन्धान द्वारा यह ज्ञात हुआ है कि ढैंचा टराय (cassia occidentales) कोदोजीरा (Vernonia cinerea) वहाँ की मिट्टियों के लिए अधिक लाभदायक है। बिहार प्रदेश में मेथ (Phaseolics aconitifolius) सनई, गोआर, ढैंचा अधिक लाभदायक सिद्ध हुए हैं। आसाम की मिट्टी में अम्लता रहने के कारण ढैंचा और मटर से अधिक लाभ हुआ है।

हरी खाद के प्रयोग में नीचे लिखे प्रश्न का हल करना आवश्यक है। अनुसन्धान भी इन्हीं प्रश्नों को हल करने के लिए किया जाना चाहिए।

(क) कितना पोषक द्रव्य हरी खाद द्वारा मिट्टी में उत्पन्न हो सकता है।

(ख) क्या हरी खाद से मिट्टी में नाइट्रोजन और कार्बनिक द्रव्य की वृद्धि हो सकती है ?

(ग) हरी खाद में फलीदार पौधों (Legumes) का विशेष महत्त्व है। क्या इन फलीदार पौधों की वृद्धि का सम्बन्ध मिट्टी के नाइट्रोजन फास्फोरस और पोटाश से है ?

(क) पहले प्रश्न को लीजिए। अधिकतर ५ से १० टन हरा पदार्थ हरी खाद द्वारा मिट्टी में मिलाया जाता है। इसमें १ या २ टन शुष्क पदार्थ रहता है। इस शुष्क पदार्थ में अधिकतर कार्बन, हाइड्रोजन और ऑक्सीजन रहता है। कितना नाइट्रोजन फलीदार पौधों द्वारा मिट्टी को मिलता है यह कठिन प्रश्न है। अधिकतर यह जीवाणुओं की क्रिया पर निर्भर है। अमेरिका के अनुसन्धान से यह पता चला है कि २० पौंड से लेकर ७० पौंड नाइट्रोजन फलीदार पौधे मिट्टी को देते हैं। यदि अल्फालफा (Alfalfa) के नाइट्रोजन दान को १०० मान लिया जाय तब सम्पूर्ण नाइट्रोजन का $\frac{१}{३}$ हिस्सा मिट्टी से और $\frac{२}{३}$ हिस्सा वायु से मिलता है।

(ख) विभिन्न फलीदार पौधों का नाइट्रोजन तथा कार्बनिक द्रव्य सारणी ८८ में दिया गया है।

अधिक से अधिक २०० पौंड नाइट्रोजन प्रति एकड़ मिट्टी में हरी खाद द्वारा पहुँच सकता है। भारतवर्ष की मिट्टियों में ३० पौंड से लेकर १२० पौंड तक प्रति एकड़ नाइट्रोजन की वृद्धि के आँकड़े मिले हैं। प्राप्य फास्फेट और पोटाश भी मिट्टी में अधिक हो जाते हैं। यद्यपि ये आँकड़े हमें हरी खाद के लिए उत्साहित करते हैं, फिर भी सभी अनुसन्धान संतोषजनक नहीं हैं। कहीं-कहीं हरी खाद के देने से मिट्टी में नाइट्रोजन और कार्बनिक द्रव्य की कमी भी देखी गयी है। इस प्रश्न का उत्तर है, हरी खाद का मिट्टी की बनावट और जलवायु से सम्बन्ध जैसा कि पहले उल्लेख कर दिया गया है।

(ग) जहाँ तक हरी खाद द्वारा कार्बनिक द्रव्य की वृद्धि का सवाल है, यह पौधे, मिट्टी और जलवायु पर निर्भर है। पौधों का अधिक-से-अधिक हिस्सा विच्छेदित होकर कार्बन-डाई-ऑक्साइड और जल में परिवर्तित हो जाता है। जहाँ मिट्टी में जल का निकास अधिक है और उष्णता अधिक है, यह विच्छेदन भयंकर रूप धारण

सारणी संख्या ८८

क्रम सं०	अंग्रेजी में नाम	हिन्दी में नाम	हरा पदार्थ मन प्रति एकड़	जल%	नाइट्रोजन %	प्रति एकड़ नाइट्रोजन पौन्ड में	कार्बनिक द्रव्य पौंड में
१.	Sannhemp	सनई	२१२.२	७५.	०.४३	७५.	
२.	Sesbania aculeata	ढैंचा	२००.०	७८.२	०.४२	६९.	
३.	Phescolous spp. pulses.	उरद पीली पेसारा	१२०/ १८३	८३/ ७५	०.४१/ १.१०	३८/५०	
४.	,,	मूँग	८०.	७५.	०.५३	३५.	
५.	Cluster, Beans	गोआर	२००.	७५.	०.३४	५६.	
६.	Cow pea	लोविया	१५०.	८६.४	०.५०	५०.	११२०
७.	Horse gram spp.	कुल्थी	१००.	७२.	०.३३	२७.	
८.	Indigo.	नील	१००.	४५.	०.७८	६४.	
९.	Lentil.	मसूर	५६.	६५.	०.७०	३३.	
१०.	Peas	मटर	२०१.	८३.	०.४०	६०.	
११.	Metilobis spp.	सेन्जी	२८६.	८०.	०.५१	१२०.	
१२.	Egypticn clover	बरसीम	१५५.	८७.	०.४३	५४.	
१३.	Trigonella foe-rum Grecium	मेथरा	११६.	८२.	०.३३	३२.	
१४.	Lathyrus spp.	खेसारी	१२३.	७९.	०.५४	५५.	

कर सकता है और मिट्टी में कार्बनिक द्रव्य की कुछ भी वृद्धि नहीं हो सकती। जितना अकार्बनिक द्रव्य मिट्टी में मिलता है उसका बहुत थोड़ा ही हिस्सा ह्यूमस के रूप में उत्पन्न होता है और सैकड़ों वर्ष निरन्तर हरी खाद देकर भी हम मिट्टी में ह्यूमस की वृद्धि कर सकेंगे अथवा नहीं यह सन्देह पूर्ण है। यह क्रिया बहुत धीरे-धीरे होती है। २००० पौन्ड हरी खाद डालने से यदि हरी खाद का विच्छेदन सफलता पूर्वक हो जाय तब १० वर्ष में ह्यूमस की मात्रा १ प्रतिशत मिट्टी में बढ़ेगी। यह उदाहरण यद्यपि अधिक लागू नहीं है, फिर भी इससे यही सिद्धान्त प्रमाणित हो सकता है कि हरी खाद से मिट्टी के कार्बनिक द्रव्य (ह्यूमस) में वृद्धि नहीं हो सकती। किन्तु पोधों के पोषण के लिए निकट भविश्य में खाद्य पदार्थ की प्राप्ति हो सकती है।

प्राय: देखा जाता है कि किसान हरी खाद देकर भी पछताता है, क्योंकि उसके बाद की फसल में वृद्धि नहीं होती। इसका कारण यह है कि हरी खाद के प्रयोग की प्रणाली उचित रूप से व्यवहार में नहीं लायी जाती। निम्नलिखित पंक्तियों में लेखक ने इसे स्पष्ट करने की चेष्टा की है।

हरी खाद देने का तरीका

(क) ढैंचा, सनई, कलाई, मेथ, गोआर इत्यादि फलीदार पौधों में से किसी एक को रोहिणी नक्षत्र में या जब पहली वर्षा होती है, उसी समय खेत तैयार कर बो दें।

(ख) प्रति एकड़ ढैंचा का बीज १२–१५ सेर या सनई ३०–३५ सेर या मूँग, कलाई, मेथ ६–८ सेर तक खेत में बोना चाहिए।

(ग) हरी खाद के बीज बोने के समय मन, सवा मन सुपरफास्फेट खेत में देना चाहिए।

(घ) जब ये पौधे ५–६ सप्ताह के हो जायँ तब उन्हें खेत में पाटा देकर, किसी पलटने वाले हल से इस तरह जोत दें कि हरी खाद मिट्टी से पूरी-पूरी ढँक जाय। इस समय खेत में काफी नमी रहनी चाहिए। नमी से ये पौधे जल्दी सड़ जाते हैं।

(च) हरी खाद मिट्टी में दबाने के ८–१० दिन बाद धान की रोपनी की जा सकती है।

(छ) अगर हरी खाद का पौधा पूरा बढ़ नहीं सका है, लेकिन धान रोपने में देर हो रही है तो ऐसी हालत में हरी खाद का पौधा जिस हालत में हो, उसी हालत में जमीन में गाड़कर तुरत धान रोप सकते हैं।

(ज) ऐसी जमीन में जहाँ खरीफ में मकई और रबी में गेहूँ या कोई दूसरी

फसल उपजाते हैं (दोफसला जमीन), हरी खाद का प्रयोग इस तरह कर सकते हैं। मेथ, मूँग, कलाई में किसी को मकई पर मिट्टी चढ़ाने के बाद तत्काल बो दें और मकई काट लेने के तत्काल बाद जमीन में गाड़ दें।

(झ) जहाँ जमीन में नमी रहे, खास कर तराई में, ईख काटने के बाद फरवरी में मूँग (मूँग टाइप १) लगा दें और वर्षा होते ही जमीन में गाड़ दें।

कहीं-कहीं हरी खाद न देकर हरी पत्तियों को अलग से काटकर खेत में सुखाकर या हरी अवस्था में ही गाड़ दिया जाता है। नीचे की पंक्तियों में इस प्रणाली का वर्णन यथेष्ट बिधि से किया गया है।

हरी पत्तियों का हरी खाद के लिए उपयोग--जहाँ हरी पत्ती आसानी से उपलब्ध हो, वहाँ उन पौधों की पत्तियों को हरी खाद के लिए इस्तेमाल किया जाता है। उदाहरण के लिए पलास का पत्ता, मदार का पत्ता या किसी पौधे का पत्ता।

तरीका--(क) पत्तियों के साथ छोटी-छोटी टहनी तोड़ लें।

(ख) इसे समूचे खेत में समान रूप से फैला कर जोत दें।

(ग) एक सप्ताह बाद जब पत्तियाँ सूखकर डंठल से अलग हो जाती हैं, तब डंठल को खेत से निकाल लें।

(घ) खेत को जोतकर पत्तियों को अच्छी तरह मिट्टी में मिला दें।

(च) ये पत्ते तत्काल सड़ जाते हैं जिससे धान रोपने में देर नहीं होती।

(छ) एक एकड़ के लिए ४०-५० मन हरी पत्तियों की जरूरत है।

(ज) इस हालत में भी ४०-५० सेर सुपर फास्फेट कदवा (रोपनी) के समय देना चाहिए।

अधिक दिनों तक रखा जा सकता है, सुपर फास्फेट, सल्फेट आफ अमोनिया और पोटाशियम सल्फेट से बनाया जाता है।

एक निश्चित मिश्रण की तैयारी*

मान लिया जाय कि एक मिश्रित खाद तैयार करना है जिसमें ४ प्रतिशत नाइट्रोजन, २० प्रतिशत विलयनशील फास्फोरिक अम्ल और ६ प्रतिशत पोटाश हो। एक टन मिश्रण बनाने के लिए किस परिमाण में अमोनियम सल्फेट, सुपर फास्फेट और पोटाशियम सल्फेट मिलाया जाय? अमोनियम सल्फेट में २०.४ प्रतिशत नाइट्रोजन रहता है। हमें ऐसा मिश्रण चाहिए, जिसमें ४ प्रतिशत नाइट्रोजन रहे।

∵ १०० टन मिश्रण में ४.०० टन नाइट्रोजन,

∴ १ „ „ „ ०.०४ „ „ (१ टन=२० cwt.)

अतः ०.०४×२० cwt.=०.८ cwt.

चूंकि २०.४ cwt. नाइट्रोजन १०० cwt. अमोनियम सल्फेट में मौजूद रहता है।

इसलिए ०.८ cwt. नाइट्रोजन २००/२०.४×०.८ cwt. में रहेगा जो=

८०/२०.४=८००/२०४=३.९२ cwt.

अर्थात्, २०.४ प्रतिशत नाइट्रोजन के लिए २० cwt. अमोनियम सल्फेट चाहिए।

१% प्रतिशत नाइट्रोजन के लिए २०/२०.४ cwt. अमोनियम सल्फेट चाहिए।

४% प्रतिशत नाइट्रोजन के लिए २०/२०.४×४ cwt. अमोनियम सल्फेट चाहिए।

इसलिए अमोनियम सल्फेट cwt. में

$$=\frac{\text{मिश्रण में नाइट्रोजन का प्रतिशत}\times\text{मिश्रण cwt. में}}{\text{अमोनियम सल्फेट में नाइट्रोजन का प्रतिशत}}$$

इसी प्रकार—१ टन मिश्रण में आवश्यक सुपर फौसफेट का वजन

$$=\frac{\text{मिश्रण में } P_2O_5 \text{ का प्रतिशत}\times\text{मिश्रण cwt. में}}{\text{सुपर फौस्फेट में } P_2O_5 \text{ का प्रतिशत.}}$$

=१०×२०/१६ cwt.=१२.५ cwt.

$$\text{और पोटाश के लिए}=\frac{\text{मिश्रण में } K_2O \text{ का प्रतिशत}\times\text{मिश्रण cwt. में}}{\text{पोटासियम सल्फेट में } K_2O \text{ का प्रतिशत}}$$

=६×२०/४८.४=१२०/४८.४=२.४८ cwt.

---

* Preparation of a mixture of definite composition

इसलिए—४ प्रतिशत नाइट्रोजन, १० प्रतिशत P_2O_5 और ६ प्रतिशत K_2O का मिश्रण नीचे लिखी खादों की मात्रा के साथ बनाया जा सकता है।

४ cwt. अमोनियम सल्फेट,
१२½ cwt. सुपर फासफेट,
२½ cwt. पोटाशियम सल्फेट,

कुल—१९ cwt. से बनाया जा सकता है।

यह देखा गया है कि इससे सिर्फ १९cwt. मिश्रण बनता है पर कुछ बालू या कमी को पूरा करनेवाले कुछ उपयुक्त पदार्थों से इसका अतिरिक्त वजन ठीक किया जाता है। इसी प्रकार यदि २० cwt. के बदले ८ cwt. की आवश्यकता हो तब नीचे लिखे अनुसार हिसाब लगाना होगा।

इसके लिए २० cwt. की जगह पर ८ cwt. रखना होगा।

इस मिश्रण के लिए अमोनियम सल्फेट नीचे लिखी मात्रा में आवश्यक होगा।

४/२०.४×८ cwt.=३२/२०.४=१५.७ cwt.

सुपर फास्फेट की मात्रा १०×८/१६=५cwt.

पोटाशियम सल्फेट की मात्रा ६×८/४८.४=४८/४८.१=१ cwt.

सम्पूर्ण मात्रा =१½+५+१=७½ cwt.

इसलिए—१½ cwt. बालू या अन्य किसी वस्तुको मिलाने की आवश्यकता है।

इसके ठीक विपरीत हम यह भी जान सकते हैं कि यदि मिश्रणकी मात्रा मालूम है तब प्रतिशत खाद मिश्रण में कितना है। उदाहरण स्वरूप मान लिया जाय कि निम्न-लिखित मिश्रण तैयार है—

१½ cwt. अमोनियम सल्फेट,
५. cwt. सुपर फास्फेट,
१. cwt. पोटासियम सल्फेट,

तब नाइट्रोजन प्रतिशत :→अमोनियम सल्फेट की मात्रा×२०.४/सम्पूर्ण मात्रा
=१½×२०.४/७½=३×२.४/१५=४.०८ प्रतिशत नाइट्रोजन

फास्फोरिक अम्ल प्रतिशत→सुपरफास्फेट का वजन×१६/सम्पूर्ण वजन
=५×१६/७½=८०/७½=१०.६६ प्रतिशत P_2O_5

पोटाश प्रतिशत :→पोटाश के सल्फेट का वजन×४८.४/सम्पूर्ण वजन
=१×४८.४/७½=६.४५ प्रतिशत पोटाश

इसका सूत्र (Formula) इस प्रकार लिखा जायगा—

खाद की मात्रा × नाइट्रोजन, P_2O_5 या K_2O का खाद में प्रतिशत/सम्पूर्ण वजन

जब मिश्रण की मात्रा का ज्ञान करना है तब मिश्रण में प्रतिशत खाद तथा खास खाद के प्रतिशत के अनुपात को पूर्ण मात्रा से गुणा करके प्राप्त होगा, जबकि अवयवों के प्रतिशत को जानने की आवश्यकता हो तब खादकी मात्रा तथा पूर्ण मात्रा के अनुपात के साथ किसी खाद विशेष के प्रतिशत से गुणा किया जाता है। स्पष्ट रूप से यह कहा जा सकता है कि अगर आपके पास १६ प्रतिशत फास्फोरिक अम्ल के साथ सुपर फास्फेट हो और आपको ८ प्रतिशत फास्फोरिक अम्ल वाले मिश्रित खाद की आवश्यकता हो तो आधे मिश्रण में अवश्य सुपर फास्फेट होगा अथवा कुल वजन का ८/१६ भाग सुपर फास्फेट होगा।

इसके विपरीत अगर आधे मिश्रण में सुपर फॉसफेट हो तो उसमें निम्नलिखित फॉसफोरिक अम्ल का प्रतिशत वर्तमान रहता है।

१०८ cwt. × १६/२० cwts. = ८ cwt. अथवा १६ का आधा ८ प्रतिशत

सान्द्रित रासायनिक खाद (Concentrated fertilizer,)

१८ प्रतिशत वाले सुपरफास्फेट को व्यवहार में लाते हुए २० प्रतिशत वाले फॉसफोरिक अम्ल का मिश्रण तैयार करना संभव नहीं। अत्यधिक प्रतिशत में फास्फोरिक अम्ल निहित करने वाले मिश्रित खाद बनाने के लिए अमोनियम फास्फेट व्यवहार में लाया जाता है। तीन तरह के अमोनियम फास्फेट हैं, जिनका जिक्र आगे किया जा चुका है।

शुद्ध डाइ-अमोनियम फास्फेट (Pure Di-ammonium phosphate $(NH_4)_2HPO_4$.)

इसमें २१.२१ प्रतिशत नाइट्रोजन, ५३.७८ प्रतिशत फास्फोरिक अम्ल रहता है। इस तत्त्व को व्यवहार में लाकर सान्द्रित खाद का मिश्रण बनाना संभव हो सकता है। मान लिया कि निम्नलिखित वस्तुओं के साथ १ टन मिश्रित खाद बनाने की आवश्यकता है।

९ प्रतिशत नाइट्रोजन,
१६ प्रतिशत पानी में विलयनशील फास्फोरिकन अम्ल
१५ प्रतिशत पोटाश

और इसे २०.६% नाइट्रोजन वाले सल्फेट के साथ २१.२१ प्रतिशत नाइट्रोजन और ५३.७८ प्रतिशत फास्फोरिक अम्ल वाले डाई-अमोनियम फास्फेट के साथ और

५४ प्रतिशत पोटास वाले पोटाशियम सल्फेट के साथ बनाने की आवश्यकता है। १६ प्रतिशत फास्फोरिक अम्ल देने के लिए डाई-अमोनिया फास्फेट की मात्रा होगी।

१६/५३.७८×२० cwts. अर्थात् ५.९५ cwt. ।

डाई-अमोनियम फास्फेट की इस मात्रा में नाइट्रोजन की प्रतिशत मात्रा निम्न-लिखित अंकों में होगी।

५.९५/२०×२१.२१ अर्थात् १२६.२/२०=६.३१ होगा।

किन्तु आवश्यकता है ९ प्रतिशत नाइट्रोजन की अतः बाकी ९–६. ३१=२.६९ प्रतिशत हुआ। यह २.६९/२०.६×२० cwt.=२.६१ cwt. अमोनियम सल्फेट द्वारा दिया जा सकेगा। १५ प्रतिशत पोटाश देने के लिए पोटाशियम सल्फेट की मात्रा १५/४८×२० cwt. या ६.२५ cwt. है।

अतः मिश्रण में

५.९५ cwt. डाई-अमोनियम फास्फेट

२.६१ ,, अमोनियम सल्फेट

६.२५ ,, पोटाशियम सल्फेट

पूर्ण मात्रा १४.८१ cwt. होगी।

एक टन बनाने के लिए ५.१९ cwt. अन्य पदार्थों की आवश्यकता होगी।

डाई-अमोनियम फास्फेट के बदले में मोनो-अमोनियम फास्फेट ($NH_4H_2PO_4$) जिसमें १२.१७ प्रतिशत नाइट्रोजन और ६१.७ प्रतिशत फास्फोरिक अम्ल रहता है, व्यवहार किया जाता है। १६ प्रतिशत फास्फोरिक अम्ल देने के लिए मोनो अमोनियम फास्फेट का वजन होगा:

१६/६१.७×२० cwt.=५.१८ cwts

५.१८ cwts. मोनो-अमोनियम फास्फेट, जिसमें १२.१७ प्रतिशत नाइट्रोजन है, निम्नलिखित नाइट्रोजन प्रतिशत देगा।

५.१८/२०×१२.१७=३.१५

परन्तु ९ प्रतिशत नाइट्रोजन की आवश्यकता है। अतः शेष ९—३.१५=५.८ प्रतिशत की पूर्ति की जायगी। ५.८५ प्रतिशत के लिए ५.८५/२०.६×२० cwts= ५.६८ cwt. अमोनियम सल्फेट दिया जायगा। पहले की तरह १५ प्रतिशत पोटाश ६.२५ cwt. पोटाशियम सल्फेट द्वारा दिया जायगा—अतः मिश्रण में

५.१८ cwt. मोनो अमोनियम फास्फेट

५.६८ ,, अमोनियम सल्फेट
६.२५ ,, पोटाशियम सल्फेट

अत: कुल—१७.११ cwt.

अत: इसमें १ टन बनाने के लिए २.८९ cwt, अन्य पदार्थ जैसे बालू इत्यादि की आवश्यकता होगी।

रासायनिक खादों की कीमत (Valuation of fertilizers.)

अगर खाद उपर्युक्त तीन अवयवों अमोनियम सल्फेट, सूपर फास्फेट, और पोटाशियम सल्फेट से बनाया जाता है और अगर इसमें ४ प्रतिशत नाइट्रोजन, १६ प्रतिशत फास्फोरिक अम्ल और६ प्रतिशत पोटाश रहे तो इसकी कीमत क्या होगी ? खाद की कीमत में इकाई की चर्चा की गयी है। यह एक टन का १/१०० भाग यानी २२.४ lbs. (पौन्ड) होगी।

मान लिया कि अमोनियम सल्फेट में नाइट्रोजन की इकाई की कीमत..१० रु० है।

मान लिया कि सुपर फॉस्फेट में फॉस्फोरिक अम्ल की इकाई की कीमत..... ...रु० ३.३७ नये पैसे हैं।

मान लिया कि पोटाश के सल्फेट में पोटाश की इकाई की कीमत...४ रु० है।

इसका मतलब यह है कि २२.४ lbs. नाइट्रोजन की कीमत..१० रु० होगी।

४ प्रतिशत नाइट्रोजन का मतलब है ४/१०० टन या ४ इकाई और इसकी कीमत ४×१० रु०=४० रु० के बराबर हुई।

इसी तरह १० प्रतिशत फास्फोरिक अम्ल का मतलब हुआ १ टन में १० इकाई, जिसकी कीमत १०×रु० ३.३७ न० पै०=रु० ३३.७

६ प्रतिशत पोटाश का मतलब १ टन में ६ इकाई और इसकी कीमत होगी ६×४ रु०=२४ रु०

अत: इस मिश्रण के १ टन की कीमत होगी ४० रु०+३३.७ रु. +२४ रु.= रु० ९७.७।

ग्यारहवाँ परिच्छेद

कृषि सम्बन्धी पौधों के लिए मिट्टी में देने योग्य खाद

भारत एक विशाल देश है। विभिन्न स्थानों की भूमि और जलवायु में बड़ा अन्तर पाया जाता है। इसलिए सभी देशों में एक ही प्रकार की फसल के लिए खाद की कोई विशेष मात्रा निश्चित नहीं की जा सकती। इस सम्बन्ध में राजकीय फार्मों और अनुसन्धानशालाओं में विगत ५० वर्षों से जो परीक्षण किये जा रहे हैं उनके फलस्वरूप प्रत्येक राज्य ने अपने-अपने क्षेत्रों में प्रयोग के लिए उर्वरकों और खादोंकी उचित मात्रा के सम्बन्ध में कुछ जानकारी एकत्र की है। उससे एक विशेष प्रकार की भूमि और जलवायु में कुछ फसलों के लिए खादों की जरूरत का अनुमान लगाया जा सकता है। किस फसल में कौन सी खाद, या उर्वरक का ठीक-ठीक कितनी मात्रा में प्रयोग करना चाहिए, इसकी जानकारी के लिए राज्य के कृषि-विभाग से सलाह लेनी चाहिए। यहाँ पर मोटे तौर पर यह बतानेका प्रयत्न किया गया है कि उपज बढ़ाने के लिए उर्वरकों का कितनी मात्रा में प्रयोग करके लाभ उठाया जा सकता है।

उर्वरक या खाद का प्रयोग कैसी स्थिति में करना चाहिए और कैसी स्थिति में नहीं, इस सम्बन्ध में हम पहले ही अध्ययन कर चुके हैं। सामान्य नियम के अनुसार गोबर-कूड़े की खाद और कम्पोस्ट जैसी भारी जैविक खादों का प्रयोग सभी प्रकार की भूमि में करना चाहिए। कम वर्षावाले क्षेत्रों में प्रति एकड़ तीन से लेकर पाँच गाड़ी तक खाद काफी समझी जाती है। यदि गोबर कूड़े की खाद या कम्पोस्ट पर्याप्त मात्रा में न मिले तो उसे प्रतिवर्ष बारी-बारी से खेत के एक भाग में जैसे एक तिहाई या एक चौथाई भाग में इस प्रकार डालना चाहिए कि उसके सभी भागों को तीन-चार वर्षों में एक बार अवश्य खाद मिल जाया करे। निश्चित वर्षा वाले क्षेत्रों में प्रति एकड़ सामान्यतः ५ से १० गाड़ी तक खाद देने की प्रथा है। सिंचाई की सहायता से उगायी जाने वाली फसलों के लिए प्रति एकड़ १० से २० गाड़ी तक या इससे भी अधिक खाद दी जा सकती है। सिंचाई वाले क्षेत्रों में या निश्चित वर्षा वाले क्षेत्रों में गोबर-कूड़े या कम्पोस्ट के स्थान पर हरी खाद का प्रयोग किया जा सकता है।

गोबर-कूड़े की खाद या कम्पोस्ट या अन्य भारी जैविक खादों के साथ कृत्रिम रासायनिक उर्वरकों या अन्य ठोस खादों का प्रयोग अवश्य करना चाहिए। लेकिन कम वर्षा वाले क्षेत्रों में उनका प्रयोग कभी नहीं करना चाहिए।

अनाज की फसलें

ज्वार-बाजरा जैसी फसलों के लिए, जो सामान्यतः कम वर्षावाले क्षेत्रों में उगायी जाती हैं, प्रति एकड़ तीन से पाँच गाड़ी तक गोबर-कूड़े की खाद या कम्पोस्ट पर्याप्त है। यदि ये फसलें सिंचाई की सहायता से उगायी जाती हैं तो उनके लिए प्रति एकड़ १५ से २० पौन्ड तक नाइट्रोजन का प्रयोग किया जा सकता है। जिन क्षेत्रों में भूमि में फास्फोरिक अम्ल की कमी पायी जाती है, उन क्षेत्रों में नाइट्रोजन के साथ-साथ प्रति एकड़ १० से लेकर २० पौंड तक फास्फोरिक अम्ल का प्रयोग करने से फसल की उपज बढ़ाने में सहायता मिलती है।

धान के लिए, जो सामान्यतः अधिक वर्षा वाले क्षेत्रों में, सिंचाई की सहायता से उगाया जाता है; प्रति एकड़ ३० से ४० पौन्ड तक फास्फोरिक अम्ल प्रयोग करने की सिफारिश की गयी है। नाइट्रोजन की आधी मात्रा खेत में अंतिम बार गारा करते समय डाली जाती है और शेष आधी मात्रा रोपाई के लगभग एक महीने के बाद प्रयुक्त की जाती है। फास्फोरिक अम्ल की सारी मात्रा गारा करने के समय ही दे देनी चाहिए। जहाँ धान की फसल अम्लीय या ईंटिया भूमि में उगायी जाती है वहाँ यदि हड्डी की खाद के रूप में फास्फोरिक अम्ल का प्रयोग किया जाय तो अधिक लाभ होता है।

धान की खेती की जापानी विधि का मुख्य तत्त्व फसल के लिए बियाड़ और खेत दोनों में खाद का प्रचुरता से प्रयोग करना है। बियाड़ में प्रति १०० वर्ग फुट स्थान के लिए एक मन गोबर-कूड़े की खाद या कंम्पोस्ट डाली जाती है। इसके बाद उसमें एक पौंड प्रति १०० वर्ग फुट के हिसाब से उर्वरक-मिश्रण छिटक दिया जाता है। यह मिश्रण अमोनियम-सल्फेट और सुपर-फास्फेट को समान मात्रा में मिलाकर तैयार किया जाता है।

खेत में प्रति एकड़ १५ से २० गाड़ी तक कम्पोस्ट या गोबर-कूड़े की खाद डाली जाती है। यदि खेत में हरी खाद डाली गयी हो तो इसकी आधी मात्रा अर्थात् ७ से १० गाड़ी तक कम्पोस्ट या गोबर कूड़े की खाद पर्याप्त है। इसके बाद खेत में गारा करने के समय प्रति एकड़ १०० पौन्ड अमोनियम सल्फेट और १०० पौन्ड सुपर-फास्फेट का मिश्रण डाला जाता है। १०० पौन्ड अमोनियम सल्फेट और १०० पौन्ड सुपर-फास्फेट के मिश्रण की दूसरी मात्रा रोपाई के लगभग एक महीने के बाद दी जाती है।

गेहूँ सिंचित और असिंचित दोनों ही प्रकार की फसलों के रूप में उगाया जाता है। जब इसे असिंचित फसल के रूप में उगाया जाता है तो इसमें प्रायः बहुत कम खाद डाली जाती है। लेकिन ऐसी फसल में प्रति एकड़ यदि पाँच गाड़ी गोबर-कूड़े की खाद अथवा कम्पोस्ट डाली जाती है तो उसकी उपज बढ़ जाती है। यदि अगस्त और सितम्बर में पर्याप्त वर्षा हो जाय तो बुवाई के समय प्रति एकड़ १६-२० पौंड नाइट्रोजन देने से गेहूँ की उपज बढ़ जाती है। गेहूँ की सिंचित फसल के लिए गोबर कूड़े की खाद और कम्पोस्ट के अतिरिक्त ३० से ४० पौन्ड तक नाइट्रोजन और यदि भमि में फास्फेट की कमी हो तो २० से ३० पौन्ड तक फस्फोरिक अम्ल देने की सिफारिश की गयी है।

सिंचाई की सहायता से उगायी जानेवाली मक्के की फसल के लिए प्रति एकड़ ३० से ४० पौन्ड तक नाइट्रोजन का प्रयोग करना लाभदायक सिद्ध हुआ है। फास्फेट की कमीवाली भूमि में नाइट्रोजन के अतिरिक्त प्रति एकड़ २० से ३० पौन्ड तक फास्फोरिक अम्ल की एक मात्रा देकर उपज बढ़ायी जा सकती है। नाइट्रोजन का प्रयोग दो बार में करना चाहिए। आधी नाइट्रोजन बुवाई के समय और शेष आधी उसके लगभग चार सप्ताह बाद देनी चाहिए।

दालों की फसलें

दालों की फसलों को सामान्यतः नाइट्रोजन प्रदान करनेवाली खादों या उर्वरकों की आवश्यकता नहीं है। जैसा पहले ही बताया जा चुका है वे अपनी जड़ों की गाठों में मौजूद जीवाणुओं की सहायता से अपने लिए वायु से पर्याप्त नाइट्रोजन ग्रहण करती रहती हैं। गोबर-कूड़े की खाद या कम्पोस्ट के अतिरिक्त प्रति एकड़ ४० से ५० पौन्ड तक फास्फोरिक अम्ल का प्रयोग फसल के लिए अति लाभदायक सिद्ध हुआ है।

कन्द-मूल वाली फसलें

यदि भूमि में गोबर-कूड़े की खाद या कम्पोस्ट अच्छी तरह से दी हुई हो तो आलू और शिकरकन्दी जैसी कंदमूल पैदा करनेवाली फसलों को उर्वरकों के प्रयोग से बहुत लाभ होता है। फास्फोरिक अम्ल का प्रयोग करने से जड़ों के विकास में सहायता मिलती है, विशेषकर बलुई भूमि में जिसमें सामान्यतः पोटाश की कमी होती है; पोटाश प्रदान करनेवाले उर्वरकों का प्रयोग करने से आलू-जैसे माँड़ीवाले कंदों को, बड़ा लाभ होता है।

आलू की फसल के लिए सामान्यतः प्रचुरता से खाद देने की जरूरत पड़ती है। इसके लिए प्रति एकड़ १५-२० गाड़ी गोबर-कूड़े की खाद या कम्पोस्ट, ५० से ७० पौन्ड

तक नाइट्रोजन और लगभग इतनी ही मात्रा में फास्फोरिक ऐसिड का प्रयोग करने से उपज काफी बढ़ जाती है। जिस भूमि में पोटाश की कमी हो उसमें प्रति एकड़ ४०-५० पौन्ड पोटाश का भी प्रयोग किया जा सकता है।

शकरकन्दी के लिए भी खादों और उर्वरकों का प्रयोग उसी प्रकार किया जाता है जिस प्रकार आलू की फसल के लिए।

प्याज की फसल के लिए भी अधिक खाद देने की जरूरत पड़ती है। गोबर-कूड़े की खाद या कम्पोस्ट (१४ से २० गाड़ी तक) के अतिरिक्त प्रति एकड़ लगभग ४० पौन्ड नाइट्रोजन और २० पौन्ड फास्फोरिक अम्ल का प्रयोग करने से फसल की उपज बढ़ जाती है। जहाँ आवश्यकता हो वहाँ प्रति एकड़ २० से ३० पौन्ड तक पोटाश का भी प्रयोग किया जा सकता है।

बागानी फसलें

सभी प्रकार की तरकारियों की फसलों पर खादों और उर्वरकों के प्रयोग का बहुत अच्छा प्रभाव पड़ता है। गोबर-कूड़े की बढ़िया खाद या कम्पोस्ट (२० से ४० गाड़ी तक) के अतिरिक्त नाइट्रोजन का प्रयोग करने से तरकारियों की उपज काफी बढ़ जाती है।

पालक जैसी पत्तियोंवाली तरकारियों पर नाइट्रोजनीय उर्बरकों के प्रयोग का बहुत अच्छा प्रभाव पड़ता है। प्रति एकड़ २० गाड़ी गोबर-कूड़े की खाद और ४०-५० पौन्ड नाइट्रोजन का प्रयोग करने से अच्छी उपज मिलती है। उर्वरक का प्रयोग बुवाई के लगभग १०-१५ दिनों बाद करना चाहिए।

बंदगोभी और फूलगोभी जैसी तरकारियों में प्रचुर मात्रा में गोबर-कूड़े की खाद (२० से ३० गाड़ी तक) देने से बहुत लाभ होता है। इसके अतिरिक्त उनको प्रति एकड़ लगभग ४० पौन्ड नाइट्रोजन और २० पौन्ड फास्फोरिक अम्ल की भी जरूरत पड़ती है।

टमाटर, बैंगन, ककड़ी जैसी फलोंवाली तरकारियों के लिए प्रति एकड़ बीस गाड़ी गोबर-कूड़े की खाद या कम्पोस्ट के अतिरिक्त २० से ४० पौन्ड तक नाइट्रोजन की जरूरत पड़ती है।

सेम और मटर-जैसी फलियों वाली तरकारियों को नाइट्रोजन की जरूरत नहीं होती। इसके लिए सामान्यतः प्रति एकड़ लगभग २० गाड़ी गोबर-कूड़े की खाद के साथ लगभग २० पौन्ड फास्फोरिक अम्ल का प्रयोग पर्याप्त समझा जाता है।

गाजर और मूली–जैसी जड़ोंवाली तरकारियों के लिए प्रति एकड़ लगभग १० गाड़ी गोबर-कूड़े की खाद के अतिरिक्त लगभग २० पौन्ड नाइट्रोजन की जरूरत है। एक बार प्रति एकड़ २० से २५ पौन्ड पोटाश का प्रयोग करने से फसल को बड़ा लाभ होता है।

अन्य फसलें

गन्ने की फसल के लिए बहुत अधिक खाद देने की जरूरत पड़ती है। इसकी अच्छी उपज के लिए ३० से ४० गाड़ी तक गोबर-कूड़े की खाद और नाइट्रोजन की एक मात्रा (उत्तरी राज्यों में १०० पौन्ड और दक्षिणी राज्यों में ३०० पौन्ड) का प्रयोग अति लाभदायक सिद्ध हुआ है। नाइट्रोजन का प्रयोग कुछ ($\frac{१}{३}$ से $\frac{२}{३}$ तक) खलियों के रूप में और कुछ कृत्रिम उर्वरकों के रूप में किया जा सकता है। इसके अतिरिक्त ५० पौन्ड फास्फोरिक अम्ल का प्रयोग करने की भी सिफारिश की गयी है।

कपास की फसल पर प्रचुर मात्रा में खाद देने का अच्छा प्रभाव पड़ता है। प्रति एकड़ ५ से १० गाड़ी तक गोबर-कूड़े की खाद या कम्पोस्ट के अतिरिक्त वर्षा पर आश्रित फसल के लिए २५ से ३० पौन्ड तक और सिंचाई की सहायता से उगायी जानेवाली फसल के लिए ३० से ४० पौंड तक नाइट्रोजन का प्रयोग करने से कपास की उपज बढ़ जाती है। एक बार ३० पौन्ड फास्फोरिक अम्ल का प्रयोग करने से फसल की उपज बढ़ाने में और भी अधिक सहेायता मिलती है। नाइट्रोजन का प्रयोग दो बार में किया जा सकता है। आधी नाइट्रोजन बुवाई के समय और शेष उसके सात-आठ सप्ताह के बाद देना चाहिए।

तम्बाकू के लिए पौधा रोपने से पहले प्रति एकड़ १० से २० गाड़ी तक गोबर-कूड़े की खाद या कम्पोस्ट का प्रयोग किया जाता है। इसके अतिरिक्त एक बार प्रति एकड़ ४० पौन्ड नाइट्रोजन, २० पौन्ड फास्फोरिक ऐसिड और ७५ पौन्ड पोटाश का प्रयोग फसल के लिए अति लाभदायक है। पोटाश और फास्फोरिक अम्ल का प्रयोग खेत की अंतिम तैयारी के समय किया जाता है। नाइट्रोजन का प्रयोग रोपाई के लगभग छः सप्ताह बाद किया जाना चाहिए।

अदरक, हल्दी और सूरन की फसल के लिए बहुत अधिक खाद देने की जरूरत है। रोपाई से पहले खेत में प्रति एकड़ ३० से ४० गाड़ी तक गोबर-कूड़े की खाद या कम्पोस्ट डाली जाती है। प्रति एकड़ ६० से ७० पौन्ड तक नाइट्रोजन का प्रयोग दो बार में किया जाता है। पहली मात्रा रोपाई से लगभग चार-पाँच सप्ताह बाद और दूसरी मात्रा लगभग ९–१० सप्ताह बाद दी जाती है।

बारहवाँ परिच्छेद

खाद-प्रयोग का नियम

खेतों में फसल की अधिक उपज के लिए खाद का प्रयोग उत्तम और अनुकूल ढंग से होना चाहिए। रासायनिक खाद के प्रयोग के छः नियम हैं—

(क) जुताई के समय खाद का छींटा देकर मिट्टी में उसे मिला देना चाहिए। (Broadcasting)

(ख) बोने के समय हल द्वारा हराइयाँ खोद कर उनमें खाद मिट्टी के साथ मिला देनी चाहिए। (Rowerhell application)

(ग) बीज के बगल में दोनों ओर तथा कतार में खाद डाल दी जानी चाहिए। यह मशीन से भी हो सकता है। (Drilling)

(घ) खड़ी फसल में दो पंक्तियों के बीच वाली जगह में सतह पर खाद का छींटा दिया जाना चाहिए। (Topdressing)

(च) सिंचाई के जल में खाद डालकर उसी जल को खेत में फैला देना चाहिए। (Irrigation water)

(छ) खाद का विलयन जल में बनाकर पत्तों पर छिड़काव करना चाहिए। (Spraying)

रासायनिक खाद के व्यवहार सें सावधानी

रासायनिक खाद के व्यवहार में बहुत ही सावधानी बरतने की आवश्यकता है। ऐसा न करने से फसल जल सकती है तथा मिट्टी की उर्वरा शक्ति कम हो सकती है।

खेत में खाद डालते समय निम्नलिखित बातों पर ध्यान देना चाहिए।

(क) क्षारीय मिट्टी में अमोनियम सल्फेट का व्यवहार करें।

(ख) जिस मिट्टी की प्रतिक्रिया आम्लिक हो, उसमें अमोनियम क्लोराइड, बेसिक स्लैग, सोडियम नाइट्रेट तथा कैलसियम नाइट्रेट का व्यवहार उपयोगी होगा।

(ग) बीज बोने के पहले सेबातों में स्फुर-जनक खाद देकर मिट्टी में मिला दें। खाद मिट्टी या सड़ी हुई गोबर की खाद में मिलाकर खेत में दें।

(घ) खड़ी फसल में खाद दो पंक्तियों के बीच में छींट कर, गुड़ाई कर मिट्टी में मिला दें। सावधानी रखें कि खाद पौधों की पत्तियों पर न पड़े।

(च) अमोनियम सल्फेट का व्यवहार छिछली जड़वाली फसलों के लिए तथा यूरिया और अमोनियम नाइट्रेट का व्यवहार गहरी जड़वाली फसलों के लिए करें।

(छ) जब मिट्टी भींगी हो, खाद का व्यवहार न करें।

(ज) रासायनिक खाद का व्यवहार करने पर सिंचाई का अवश्य प्रबन्ध करें।

(झ) रासायनिक खादों को तीन गुनी मिट्टी में मिलाकर खड़ी फसल में छींटें।

ऊपर लिखे हुए (छः) प्रकार के नियमों के अतिरिक्त चार प्रकार के नियम और भी हैं जिन्हें व्यवहार में कम लाया जाता है। वे हैं—

१. मिट्टी में छिद्र करके खाद भरना।

२. पौधों के तने में खाद का विलयन सूई द्वारा पहुँचाना।

३. "ब्रीकेट" (Briquettes) अथवा खाद का सीमेन्ट के साथ एक ठोस चौकोर पदार्थ बनाकर मिट्टी में जड़ के निकट रख देना।

४. बीज पर खाद की एक परत दे देना।

ऊपर लिखे नियम कभी-कभी उपयोग में लाये गये, पर प्रचलित नियमों में इनका स्थान नहीं है।

अन्य आवश्यक बातें

मिट्टी में कितनी गहराई तक खाद देने की आवश्यकता है, यह खाद के रासायनिक निबन्ध सूत्र (composition) पर तथा फसल और मिट्टी पर निर्भर है। साधारणत: खाद जड़ के निकट देते हैं। कभी-कभी खाद को जड़ के अत्यन्त निकट देने से जड़ को हानि पहुँचती है। वैज्ञानिकों का मत है कि भिन्न-भिन्न फसलों के लिए भिन्न-भिन्न नियम होते हैं।

कपास के लिए २ से ३ इंच की गहराई पर खाद का प्रयोग अधिक लाभदायक सिद्ध हुआ है। साग-भाजियों के लिए सुपरफौस्फ़ेट सतह से नीचे कई इंच गहराई तक तथा नाइट्रोजन और पोटाश पौधों के पार्श्व में देना अधिक लाभदायक सिद्ध हुआ है। सुपर फौस्फ़ेट नामक खाद को ४ से ६ इंच की गहराई पर देना हर हालत में फसल को लाभ पहुँचाता है।

यह नितान्त आवश्यक है कि खाद समय पर दी जाय। खाद के रासायनिक गुण और फसल द्वारा ही हम खाद-प्रयोग के समय का निर्धारण कर सकते हैं। अधिकतर

खाद खेत बोने के पहले दी जाती है और उसे सतह पर छींट देते हैं। पोटाश युक्त खाद बीज बोने के कुछ पहले दी जानी चाहिए। इसको मिट्टी की सतह पर छींट कर मिट्टी में मिला देना चाहिए, जिससे पौधों की जड़ों द्वारा इसका शोषण भलीभाँति हो सके। फॉस्फेट युक्त खाद का, जो विलयनशील नहीं है, प्रयोग खेत बोने के कुछ महीने पहले करना चाहिए; कारण, बोने के पहले इनको यथेष्ट समय मिलता है और ये विलयनशील हो जाते हैं। विलयनशील फॉस्फेट का प्रयोग बोने के पहले अथवा बुवाई के साथ-साथ किया जा सकता है। नाइट्रोजन युक्त खाद का प्रयोग, पौधों के पार्श्व में हो सकता है यदि वे विलयनशील हैं। ऐसी अवस्था में उनका शोषण शीघ्र हो जाता है। उनको वर्षा होने के पहले अथवा सिंचाई के पहले खेत में डालना चाहिए। अमोनियम सल्फेट और सोडियम नाइट्रेट का ऐसे समय में प्रयोग करना चाहिए जब पौधों की पत्तियों पर जल इकट्ठा न हो गया हो। यदि इसके विपरीत प्रयोग किया जायगा तो पत्तियाँ जल जायँगी। कार्बनिक खादों का प्रयोग बुवाई के चन्द महीने पहले करना आवश्यक है, क्योंकि फसल को लाभ पहुँचाने के लिए, इनका मिट्टी में कुछ दिनों तक सड़ना आवश्यक है।

इस बात का ध्यान रहे कि रासायनिक खादें बीज को जला देती हैं, इसलिए इनका प्रयोग उचित मात्रा में और अनुकूल नियम के अनुसार करना आवश्यक है। कभी-कभी ऐसा भी होता है कि अधिक रासायनिक खाद के प्रयोग द्वारा जल का रसाकर्षण दाब (Osmotic pressure) बढ़ जाता है। ऐसी अवस्था में मिट्टी में स्थित पोषक द्रव्य पौधों की जड़ को प्राप्त नहीं होते। यदि रासायनिक विश्लेषण द्वारा यह जान लिया जाय कि मिट्टी में सम्पूर्ण विलयनशील लवण किस मात्रा में उपस्थित हैं तब हमें रसाकर्षण दाब का ज्ञान हो सकता है और उसके आधार पर हम रासायनिक खाद का प्रयोग मिट्टी में कर सकते हैं।

कौन-सी मिट्टी में कितनी खाद, किस समय पर और किस प्रकार देनी चाहिए, यह मिट्टी पर अनुसन्धान करने से ज्ञात हो सकता है। मिट्टी पर पौधों को उपजाकर सांख्यिकी (Statistics) द्वारा फसल की प्रति एकड़ मात्रा को निर्धारित किया जाता है। इस निर्धारण में भिन्न-भिन्न प्रयोग किये जाते हैं और उनका सम्बन्ध मात्रा द्वारा निकला जाता है।

इसका विशेष वर्णन चौदहवें परिच्छेद में दिया गया है।

तेरहवाँ परिच्छेद

मिट्टी में खाद-तत्त्वों की अल्पता का संकेत

पौधे मिट्टी में उगते हैं। उसी मिट्टी से वे अपने पालन-पोषण के लिए खाद-तत्त्व लेते हैं। जबतक मिट्टी में पौधों के पालन-पोषण के लिए खाद-तत्त्व उचित मात्रा में रहते हैं, तब तक पौधों की वृद्धि अच्छी होती है, उनमें किसी रोग के चिह्न नहीं दिखाई पड़ते। परन्तु खाद-तत्त्वों में किसी एक खास तत्त्व की कमी होने पर विशेष प्रकार के चिह्न दृष्टि-गोचर होने लगते हैं। इन विशेष प्रकार के चिह्नों को देखकर हम कह सकते हैं कि मिट्टी में किस खाद-तत्त्व की कमी है। इसका ज्ञान इसलिए आवश्यक है कि यदि हम इस कमी को जान सकें, तो खड़ी फसल में भी खाद छींट कर पौधों की अभि-वृद्धि में सहायक हो सकते हैं। मुख्य-मुख्य तत्त्वों की कमी में जो चिह्न दृष्टि-गोचर होते हैं, उनका वर्णन नीचे किया जाता है।

नाइट्रोजन

नाइट्रोजन की कमी से

१. पत्तियों का रंग हल्का हरा या पीला हो जाता है। पहले पुरानी पत्तियाँ हल्की हरी होना आरम्भ करती हैं जो बाद में शीर्ष भाग पर पीली हो जाती हैं। पत्ती का सम्पूर्ण भाग भी पीला हो जा सकता है। मक्का में रीढ़ (Midrib) तक का भाग पीला हो जा सकता है।

२. पौधों की वृद्धि धीमी तथा कम होती है।

३. खीरा में इस तत्त्व की कमी रहने पर कलियाँ छोटी तथा नुकीली होती हैं।

४. फसल पहले ही पक कर तैयार हो जाती है।

५. अनाज के दाने सिकुड़े हुए होते हैं तथा प्रत्येक बीज की तौल कम हो जाती है।

६—फल वृक्ष में (क) पत्तियाँ गिर जाती हैं; (ख) पार्श्व कलियों की मृत्यु हो जाती है; (ग) फूलों में फल नहीं लगते; (घ) फूल का रंग अत्यन्त ही गाढ़ा हो जाता है।

नाइट्रोजन की कमी बलुही मिट्टी तथा दोष-पूर्ण जल निकासवाली मिट्टी में अधिक संभव है, यद्यपि जीवांश-पदार्थ-क्षीण चिकनी मिट्टी में भी अतिरिक्त नाइट्रोजन की आवश्यकता पड़ती है।

फास्फेट

फास्फेट की कमी से

१—पौधों की बाढ़ रुक जाती है।

२—अन्न के पौधे बौने तथा रंग हल्का भूरापन लिये हरा हो जाता है। कुछ पौधों की पत्तियाँ लाल या बैंगनी रंग की हो जाती हैं।

३—तने मुलायम, निर्बल तथा जड़ें अविकसित रह जाती हैं।

४—सेब में नयी टहनियों के शिखर पर कभी-कभी ताँबे का रंग लिये बैंगनी रंग की पत्तियाँ देखने को मिलती हैं।

५—फसल के पकने में विलम्ब होता है।

६—दाने पड़ने में देरी होती है। कभी-कभी दाने निकलते ही नहीं।

७—मोटी किस्म के अनाज में गूदा कम होता है।

८—मक्का में पराग-सेचन अच्छी तरह नहीं होता और इसमें डंठल छोटे तथा मुलायम होते हैं।

पोटाश

पोटाशकी कमी से

१—पत्तियाँ मुड़ जाती हैं और उनके नीचेवाली सतह पर चित्तियाँ, धब्बे या धारियाँ पड़ जाती हैं।

२—पौधों की पत्तियाँ झुलस जाती हैं।

३—पत्तियाँ समय से पहले ही गिर जाती हैं।

४—मकई में नीचेवाली पत्तियों की नोक तथा किनारे पीले हो जाते हैं, परन्तु नाइट्रोजन की कमी की तरह यह पीलापन पत्तियों की रीढ़ तक नहीं पहुँच पाता, धीरे-धीरे नोक के नीचे और किनारों से अन्दर की तरफ फैलने लगता है।

५—अलफा फसल में पुरानी पत्तियों के किनारे पर पीलापन लिये हुए अनेक उजले धब्बे हो जाते हैं। ये धब्बे धीरे-धीरे फैलने लगते हैं और अन्त में किनारे बदरंग तथा सूखकर सिकुड़ जाते हैं।

६—मकई की तरह के पौधे अविकसित जड़ों के कारण पकने के पहले भूमि पर गिर जाते हैं।

७—आलू में निचली पत्तियों के किनारे झुलस जाते हैं तथा रगों के बीचवाली जगह ऊपर उठ जाती है जो देखने में सिकुड़ी लगती है।

सुहागा

सुहागे की कमी से

१—सर्व-प्रथम शिखर-कली को ढकनेवाली नयी पत्तियों का रंग कुछ हल्का हरा हो जाता है तथा प्रत्येक पत्ती के आधार का रंग, नोक के रंग से हल्का हरा हो जाता है। ऐसी अवस्था होने पर शिखर-कली की पत्तियों की वृद्धि रुक जाती है। इन पत्तियों के आधार-तन्तु टूट जाते हैं तथा इनका रंग काला हो जाता है। फलस्वरूप शिखर-कली की मृत्यु हो जाती है।

२. पौधों के शीर्ष भाग के तने की भी वृद्धि एकतरफा होने लगती है।

३. ऊपर वाली पत्तियाँ नोक की तरफ से आधार की तरफ अर्द्ध वृताकार रूप में मुड़ जाती हैं। ये पत्तियाँ कड़ी तथा मोटी हो जाती हैं।

४. पोर (Inter node) की लम्बाई कम हो जाती है।

५. अनेक प्रकार के रोग हो जाते हैं। तम्बाकू में गलित-शिखा (Top-rot), सेलरी में तनों का फटना (Cracked stem), चुकन्दर में पत्तनाल (Petiole) की वृद्धि का रुकना, शलजम के पौधों का गलना, सेव में मोटी कड़ी पपड़ी पड़ना, चुकन्दर का काला रोग आदि सुहागा की कमी से होते हैं।

ताम्बा

ताम्बे की कमी से

१. सर्वप्रथम पत्तियों का रंग साधारण से अधिक गाढ़ा हरा हो जाता है।

२. नीबू जाति के पौधों में इस तत्त्व की अधिक कमी होने पर (क) टहनियों की मृत्यु होने लगती है; (ख) पत्तियों का रूप शीघ्र ही पीलापन लिये हरा हो जाता है; (ग) ये पत्तियाँ जल्द झड़ जाती हैं और टहनी पत्ती विहीन हो जाती है।

३. अनाजवाली फसलों में (क) पहले अनेक सप्ताहों तक पौधों की वृद्धि साधारण ढंग से ही होती है, परन्तु बाद में पत्तियों के किनारे का हरापन समाप्त हो जाता है; (ख) इन पत्तियों की नोकें मुरझा जाती हैं; (ग) ये पत्तियाँ नीचे की ओर

कुछ झुक जाती हैं तथा इनका रंग पीलापन लिये हुए धूसर हो जाता है। (घ) नयी निकली पत्तियों की नोक हरापन खोकर मुरझा जाती हैं तथा बाद में इनकी मृत्यु हो जाती है।

मैगनीशियम

मैगनीशियम की कमी से

१. जई में प्रभाव शीघ्र ही दिखलाई पड़ता है। सर्वप्रथम ऊपर से तीसरी पत्ती पर धूसर लाल रंग के मृत दाग या धारियाँ दिखलाई पड़ने लगती हैं। ये धारियाँ धीरे-धीरे लम्बी होने लगती हैं।

२. गेहूँ तथा जव में इसकी कमी के लक्षण साफ दिखलाई नहीं पड़ते। पत्तियाँ कुछ-कुछ पीलापन लिये हुए हरी हो जाती हैं। पत्तियों के हरित अंश में बहुत ही थोड़ी कमी हो पाती है।

३. पत्तियों के किनारे ऊपर की ओर मुड़ जाते हैं।

४. मटर में इसकी कमी होने पर, बीज का छिलका हटाने पर दाल की दोनों अन्दर वाली सतहों पर गोलाकार लाल दाग मिलते हैं।

५. आलू के पौधों में शिखर की पत्तियों का चमकीलापन नष्ट हो जाता है तथा वे पीले रंग की हो जाती हैं।

६. इसकी कमी होने पर पत्तियों के हरेपन में कमी हो जाती है।

७. पौधों के तने कमजोर और जड़ें लम्बी शाखायुक्त हो जाती हैं।

८. कपास में इसकी कमी होने पर पत्तियों का रंग बैगनी लाल हो जाता है, परन्तु रगें हरी रहती हैं।

९. मकई में इसकी कमी होने पर पत्तियाँ धारीदार हो जाती हैं, तथा उनमें फीके पीले रंग के तेज धब्बे या सफेद दाग हो जाते हैं।

जस्ता

जस्ते की कमी से

१. पत्तियाँ छोटी-छोटी तथा नुकीली हो जाती हैं।

२. पत्तियाँ असमय में ही पीली पड़कर गिर जाती हैं।

३. पत्तियों का आकार-प्रकार भी विकृत हो जाता है।

४. मक्का, भुट्टे सफेद पड़ जाते हैं।

मैंगनीज

मैंगनीज की कमी से

१. तम्बाकू, सेम, टमाटर तथा जई के पौधे छोटे-ही रह जाते हैं।

२. इसके साथ-साथ पौधों के ऊपरी भाग वाली पत्तियों में हरेपन की कमी हो जाती है तथा उन में दाग़ हो जाते है।

३. अधिक चूने वाली भूमि में सोयाबीन तथा पालक के पौधे पीले हो जाते हैं।

चौदहवाँ परिच्छेद

खाद के प्रयोग द्वारा अन्न की वृद्धि पर खेतों में अनुसंधान (क्षेत्र सम-परीक्षा) Field experiments

अन्न-उत्पादन के निमित्त खाद देने की आवश्यकता है। मिट्टी की उर्वरा शक्ति बढ़ाने के लिए खाद का प्रयोग कृषि का एक आवश्यक अंग है। वैज्ञानिक आदि काल से यह जानने की चेष्टा करते आये हैं कि कौन-सी मिट्टी पर कौन-सी खाद और कितनी खाद भिन्न-भिन्न फसल के लिए देनी चाहिए। यह ज्ञान प्राप्त करने के लिए मिट्टी का रासायनिक विश्लेषण तथा मिट्टी पर उपजनेवाले पौधों का रासायनिक विश्लेषण किया गया। कार्य्यालयों में काँच के पात्र में मिट्टी रखकर और उसपर सांकेतिक (Indicator) पौधों को उपजा कर उन पौधों का रासायनिक विश्लेषण किया गया। गमले में मिट्टी रखकर पौधों को उपजाकर, फसल का सम्पूर्ण वजन लिया गया। इन सब अन्वेषणों से यद्यपि हमें कुछ ज्ञान प्राप्त हुआ है, फिर भी त्रुटियाँ रह गयी हैं। इन सब अन्वेषणों की कसौटी खेत हैं। यदि रासायनिक विश्लेषण तथा पौधों को गमलों में उपजाने से जो आँकड़े हमें मिलते हैं, उनकी पुष्टि खेतों पर फसल को उपजाने से हो जाय तब हम समझें कि हमारा अन्वेषण सही है। परन्तु हमें अत्यन्त शोक के साथ कहना पड़ता है कि विज्ञान अभी इतना पूर्ण नहीं हो सका है कि इन विश्लेषणों का प्रत्येक अवस्था में धनात्मक सम्बन्ध पूर्ण रूप से फसल की उपज के साथ कायम कर सके। यही कारण है कि हम खेतों पर ही अनुसंधान के लिए अधिक ध्यान देते हैं। इस अनुसंधान का नियम सैकड़ों वर्ष से यूरोप में जारी है। इसके जन्मदाता बेनिसलौट हैं। थोड़े से शब्दों में इस अनुसंन्धान का नियम दिया जा रहा है।

मान लीजिए, अमुक खेत पर यह अनुसन्धान करना है कि इस खेत की मिट्टी पर गेहूँ की कितनी फसल उपज सकती है और अमुक खाद द्वारा कितना लाभ हो सकता है। मान लीजिए कि हमें नाइट्रोजन, फौसफेट, और पोटाशियम, तीनों प्रकार की खाद का प्रभाव देखना है और तीनों प्रकार की खाद की तीन-तीन मात्रा लेना है। तब

हमें $3 \times 3 \times 3$=२७ मात्राओं का प्रभाव देखना है। यदि नाइट्रोजन को हम N मान लें, फॉस्फेट को P तथा पोटाशियम को K मान लें तब नाइट्रोजन की हर एक मात्रा को N_1, N_2, N_3 और फॉस्फेट की हर एक मात्रा को P_1, P_2, P_3 तथा पोटाश की हर एक मात्रा को K_1, K_2, K_3 मानना पड़ेगा। खाद की इन मात्राओं की हमें खाद रहित खेत के प्लॉटों (खेत की छोटी-सी टुकड़ी) से तुलना करना पड़ेगी। यदि हम हर एक खाद को एक-एक प्लॉट में डालें तो २७ प्लॉटों की आवश्यकता होगी। साथ-ही साथ एक शून्य प्लॉट की भी आवश्यकता होगी। हर खाद की मात्रा की तीन अभ्यावृत्ति (Replication) करनी पड़ेगी। इसलिए हमें १०८ प्लॉटों की आवश्यकता होगी। भिन्न-भिन्न फसलों के लिए अनुसन्धान द्वारा प्लॉट का क्षेत्रफल निर्धारित किया गया है। मान लीजिए, गेहूँ के लिए एक प्लॉट का क्षेत्रफल १/४० एकड़ है तब सम्पूर्ण प्लॉटों के लिए हमें १०८/४०=२.७ एकड़ जमीन की आवश्यकता पड़ेगी। इस जमीन में, खेत की इन छोटी-छोटी टुकड़ियों में, खूँटी गाड़ देते हैं और इन पर खाद का प्रयोग सम-संभाविक रीति (Random Method) द्वारा करते हैं, उसके पश्चात् बीज को बोते हैं और हर एक प्लॉट की उपज फसल कटने पर अलग-अलग तौलते हैं। इस तौल का सम्बन्ध सांख्यिकी (Statistics) के द्वारा खाद की मात्रा से निर्धारित करते हैं। तत्पश्चात् यह पता चल जाता है कि अमुक खाद किस मात्रा में सबसे अधिक उपज दे सकी है। इस अनुसन्धान को क्षेत्र सम-परीक्षा (Field experiment) कहते हैं।

यद्यपि क्षेत्र सम-परीक्षा अत्यन्त विश्वसनीय है, फिर भी इसमें कुछ त्रुटियाँ भी हैं। प्रथम तो प्लॉट बहुत छोटे-छोटे हैं और अनुमान द्वारा हम उनकी उपज को बड़े-बड़े खेतों की उपज पर लागू करते हैं। दूसरी बात यह है कि बड़े-बड़े खेतों में मिट्टी की विभिन्नता होने के कारण सभी जगह फसल समान मात्रा में नहीं हो सकती। इस अन्वेषण में हमें यह मान लेना पड़ता है कि जिस खेत पर हम अन्वेषण करते हैं, उसकी मिट्टी कुछ हद तक समान है। तृतीय बात यह है कि यह अन्वेषण केवल कुछ वर्षों के लिए ही हमें ज्ञान प्रदान कर सकता है। मिट्टी आधुनिक सिद्धान्त के अनुसार एक जीवित वस्तु मान ली गयी है। इसमें जलवायु के परिवर्त्तन के कारण अनेक विभिन्नताएँ आ सकती हैं। यह कहा नहीं जा सकता कि आज की गयी क्षेत्र सम-परीक्षा (Field experiment) कल भी उस मिट्टी पर लागू होगी अथवा नहीं। साधारणतः हम तीन या पाँच वर्ष तक क्षेत्र सम-परीक्षा करने के बाद जब धनात्मक सम्बन्ध पा जाते हैं तब विश्वास कर लेते हैं कि हमारी परीक्षा उस मिट्टी के लिए एवं उस स्थान के लिए सफल सिद्ध हुई। यह तभी हो सकता है जब हम मिट्टी का पूर्ण वर्गीकरण करके प्रत्येक

वर्ग के ऊपर क्षेत्र सम-परीक्षा करें और उस परीक्षा द्वारा पाये हुए आँकड़ों का सम्बन्ध वर्ग के साथ स्थापित करें। ऐसा होना यद्यपि असंभव नहीं पर कुछ कठिन जरूर है। इन सब कारणों से क्षेत्र सम-परीक्षा पूर्ण रूप से विश्वसनीय नहीं मानी जा सकती। फिर भी और सब परीक्षाओं की तुलना में यही एक परीक्षा है, जिस पर कृषि-विज्ञान भरोसा करता है।

क्षेत्र सम-परीक्षा (Field experiments) से हमें यह भी ज्ञान प्राप्त हो सकता है कि अमुक मिट्टी में अधिक-से-अधिक खाद के प्रयोग करने पर फसल की मात्रा कितनी बढ़ सकती है। हमें यह भी ज्ञात हो सकता है कि अमुक मिट्टी में पूर्ण उत्पादन शक्ति कितनी है और शक्ति का कितना उपयोग फसल के उत्पादन में हो सकता है।

परिशिष्ट

मिट्टी का रासायनिक अध्ययन

सारणी—१

सारणी—२
खनिज पर ऋतु-क्षरण (छीजन) की क्रिया
अविलयनशील द्रव्य
विलयनशील द्रव्य
वे द्रव्य जो विलयन द्वारा अवक्षेपित हुए
वे द्रव्य
जो विलयनशील अवस्था
में जल द्वारा बहा दिये गये
ऋतु-क्षरण
के स्थान पर
ऋतु-क्षरण
के स्थान से दूर
ऋतु-क्षरित द्रव्य
कछार मिट्टी

सारणी—३

मिट्टी में स्थित जीवाणु तथा कीटाणु
अनुपादप जात (Microflora)
अनुप्राणि जात (Microfauna)
काई–(Algea) और & युक्ताप्य (Diatoms)
कृषक (Fungi) किरणकवकानि (Actinomycetes)
जीवाणु (Bacteria)
प्रजीवा (Protozoa)
सूत्रकृमि (Nematodes)
कृमि, कीट इत्यादि (Worms, Insects etc.)
आत्मपुष्ट (Autotrophic)
इतर पुष्ट (Heterotrophic)
नाइट्रोजन जीवाणु (Nitrifying bacteria)
गन्धक जीवाणु (Sulphur bacteria)
लौहजीवाणु (Iron bacteria)
नाइट्रोजनस्थिरक जीवाणु (Nitrogen fixing bacteria)
अमोनिया उत्पादक जीवाणु (Ammonifying bacteria)
सेल्युलोज जीवाणु (Cellulose decomposition bacteria)
सहजीवी (Symbiotic)
स्वतन्त्रजीवी (Free living)
जारक जीवी (Aerobic)
अजारक जीवी (Anaerobic)

सारणी—४

मिट्टी का वर्ग-विभाजन और सिलिका सेस्क्यू ऑक्साइड अनुपात

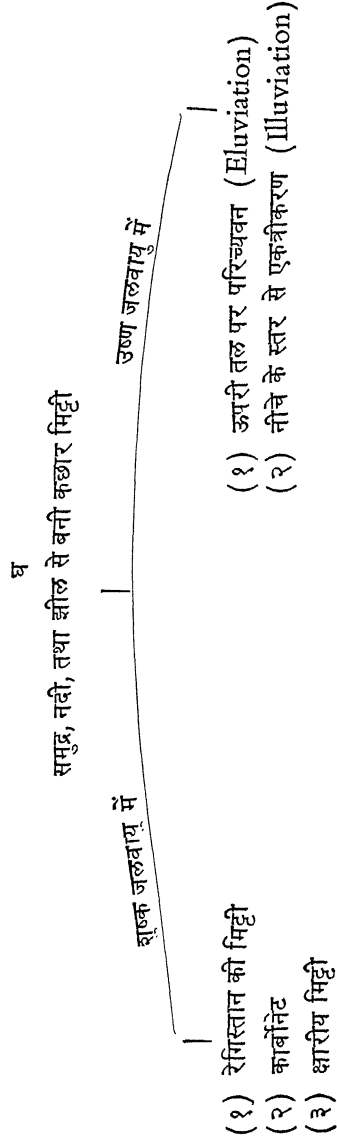
	मिट्टी का वग	अनुपात	
१	भूरी रेगिस्तानी मिट्टी	३.६८	न्यूनतम—पीट और ड्यूमस पौडसॉल
२	लाल रेगिस्तानी मिट्टी	२.०८	मध्यम—लाल और काली मिट्टी
३	क्षारीय मिट्टी	३.०१	अधिक—क्षारीय मिट्टी
४	प्रेयरी तथा शेरनोजेम मिट्टी	३.१७	मिट्टी वर्ग विभाजन और
५	पौडसॉल	२.८४	कार्बन नाइट्रोजन अनुपात
६	टेरा रौजा	२.४३	
७	भूरी मिट्टी	१.४९	१ शीत प्रदेश की मिट्टी—१०
८	उष्ण प्रदेश की लाल मिट्टी	१.७३	२ शेरनोजेम ९
९	लटराइट मिट्टी	१.२६	३ पौडसॉल २१—२२

१—अधिक सिलिका सेस्क्यूऑक्साइड——→अनुपात——→शुष्क प्रदेश की मिट्टी अपरिच्यावित चूना पत्थर की मिट्टी और जिस मिट्टी में जल-निष्कासन नहीं होता, पौडसॉल का "क" स्तर, सोलोटी मिट्टी

२—कम सिलिका सेस्क्यूऑक्साइड अनुपात, भूरी जंगल की मिट्टी उष्ण प्रदेश की लाल मिट्टी, परिच्यावित चूना पत्थर की मिट्टी, पौडसॉल का "ख" स्तर

सारणी—५
मिट्टी का वर्गीकरण
क
पूर्ण परिच्यावित मिट्टी
Completely leached soil
पेडाल्फर (Pedalfers)
आम्लिक ह्यूमस की उपस्थिति में
आम्लिक ह्यूमस की अनुपस्थिति में
(१) ह्यूमस—पौडसॉल
(२) लौह पौडसॉल
शीत जलवायु
उष्ण जलवायु
शीतोष्ण जलवायु
(१) भूरी बादामी रंग का पौडसॉल
(२) भूरी मिट्टी
(३) शेरनोजेम जिसमें···
(४) प्रेयरी मिट्टी
(१) लाल-मिट्टी
(२) लैटराइट
ख
अपरिच्यावित (unleached)
मिट्टी, पेडोकोल (Pedocols)
(१) शेरनोजेम
(२) चेस्टनट मिट्टी
(३) भूरी रेगिस्तानी मिट्टी
(४) बादामी रेगिस्तानी मिट्टी
ग
अपूर्ण परिच्यावित मिट्टी
विलयनशील लवण की अनुपस्थिति में
विलयनशील-लवण की उपस्थिति में
ध्रुवीय प्रदेश Zone
शीत प्रदेश
तून्द्रा (Tundra)
(१) मीडा मिट्टी Meadow Soil
(२) पीट पौडसोल इत्यादि
(१) क्षारीय मिट्टी
(२) लवण मिट्टी
(३) लवण-क्षारीय मिट्टी

(घ–देखो पृ० ४६५)

घ
समुद्र, नदी, तथा झील से बनी कछार मिट्टी
शुष्क जलवायु में
उष्ण जलवायु में
(१) रेगिस्तान की मिट्टी
(२) कार्बोनेट
(३) क्षारीय मिट्टी
(१) ऊपरी तल पर परिच्यवन (Eluviation)
(२) नीचे के स्तर से एकत्रीकरण (Illuviation)

पारिभाषिक शब्दावली

(हिन्दी-अंग्रेजी)

(अ)

अकटिबन्धीय मिट्टी–Azonal soil.
अकार्बनिक–Inorganic.
अकेशाल–Non-capillary.
अजारक जीवी–Anaerobic.
अणु उद्भिज्जात–Micro flora.
अणु-प्राणी–Microfauna.
अति सूक्ष्म बालू–International fine sand.
अधिकतम जल–Maximum moisture.
अनुपात–Ratio.
अनुमापन–Titrate.
अनुलोम–Positive.
अनुसंधान भूमि–Experimental plot.
अपक्षरण–Erosion.
अपकीर्ण अवस्था–Dispersed phase.
अपचित क्षारीय मिट्टी–Degraded Alkali soil.
अपाकरण–Dissipation.
अभ्यन्तर कटिबन्धीय मिट्टी–Intra Zonal Soil.
अभ्यावृत्ति–Replication.
अम्ल–Acid.
अम्लीय–Acidic.
अम्लीय मिट्टी–Acid soil.
अमोनिया–Ammonia.
अमोनिया उत्पादक–Ammonifying.
अल्टर नारीया–Alter naria.
अवकरण–Reduction.
अवक्षेपण–Precipitation.
अवचूर्ण–Crumble.
अवरोध–Resistance.
अवशिष्ट मिट्टी–Residual soil.
अवशिष्ट प्रभाव–Residual effect.
अवशोषण–Absorption.
अवसादन–Deposition.
अवस्था–State.
अविलेय–Insoluble.
असमान–Extra normal.

आ

आइसोल्युसाइन–Isoleucine.
आक्लिन्न, आर्द्र–Humid.
ऑक्सी ऐपेटाइट–Oxy-apatite.
ऑक्सीजन–Oxygen.
आग्नेय–Igneous.
आणविक–Molecular.
आत्मपुष्ट–Autotrophic.

आभासी आपेक्षिक घनत्व–Apparent specific gravity.
आयतन–Volume, Area.
आयन–Ion.
आयाम–Dimension.
आर्द्रता–Humidity.
आर्द्रता तुल्य–Moisture equivalent.
आलगत्व–Viscosity, श्यानता
आल्फाल्फा–Alfalfa.
आलोचनात्मक परिवेक्षण–Critical examination.
आवेगिक–Dynamic, प्रावेगिक
आसंकोचन–Shrinkage.
आसंजन–Adhesion.
आसवन–Distillation.
आसुत जल–Distilled water.

(इ)

इंधन–Fuel.
इतर पुष्ट–Heterotrophic.
इथर–Ether.
इलाइट–Illite.

(उ)

उच्चकोटि का सह-सम्बन्ध–High co-efficient of co-relation.
उत्क्षेप–Upthrust.
उत्प्रेरक–Catalysis.
उत्सर्ग, मलोत्सर्ग–Excreta.
उत्स्वेदन–Transpiration.
उदग्र अनुप्रस्थ छेद–Vertical cross section.
उदजनिक–Hydrogenic.
उदासीन–Neutral.
उन्दचूषता–Hygroscopicity.
उन्दचूषीय जल–Hygroscopic moisture.
उर्वरा मिट्टी–Productive soil.
ऊर्जा–Energy.
ऊर्ध्वाधर–Vertical.
ऋण आयन–Anion
ऋतु-क्षरण–Weathering.
ऋतु-विज्ञान–Meteorology.

(ए+ऐ)

ए 'ओराइजी–A' oryzae.
एक कणीय–Single grain.
एकत्रित मिट्टी–Cumulated soil.
एक प्रकार का खटमल–Sow-bug.
एमाइन–Amine.
एम्फीबोल्स और पाइरोक्सीन–Amphiboles & pyroxenes.
ऐज्टो बैक्टर–Aztobacter.
ऐपेटाइट–Apatite.
ऐमाइड्स–Amides.
ऐमाइनो अम्ल–Amino acid.
ऐलकेलाइड–Alkaloids.
ऐलकोहल–Alcohol.
ऐल्डीहाइड–Aldehyde.
ऐल्यूमिनियम और सिलिका–Aluminium cum Silica.

ऐसपार्टिक अम्ल–Aspartic acid
ऐसपर्गिलस–Aspergillus.
ऐसिटाइल ब्रोमाइड–Acetyl Bromides.
ऐसिड आग्नेय–Acid Igneous.

ओ, औ

(ओजक)–Stimulant, उत्तेजक
औथोंक्लेज–Orthoclase.

क

कछार मिट्टी–Alluvial soil.
कटिबन्धीय मिट्टी–Zonal soil.
कण-त्रिज्या–Radius of the particle.
कणाकार–Texture.
कणात्मक–Granular.
कणान्तरिक छिद्र–Pore space.
कणीभवन–Granulation.
कम्पन-क्रिया–Shaking.
कलिलीय–Colloidal.
कवक जाल–Fungus mycelium.
काई–Algae
कार्बन–Carbon.
कार्बन-डाई-ऑक्साइड–CO_2.
कार्बनिक–Organic.
कार्बनिक पदार्थ–Organic matter.
कार्बोक्सिल–Carboxyl.
कार्बोनेट्स–Carbonates.
कार्बोहाइड्रेट–Carbohydrate.
काली मिट्टी–Black earth.
किरण कवकाणि–Actinomycetes.
कीड़े–Insects.
कृमि–Worms.
कीलो केलरीज–Kilo-calories.
केओलिनाइट–Kaolinite.
केलासीय–Crystalline.
केशिका–Cappillary.
केशिका अनुबोधन सामर्थ्य–Cappillary saturation capacity.
केशिका जल–Cappillary. moisture.
केशिका रन्ध्र–Cappillary pores.
केशिका शक्यता–Cappillary potentiality.
केशिका सरन्ध्रता–Cappillary porosity.
कैलसाइट–Calcite.
कैलसियम–Calcium.
कैलसियम कार्बोनेट–Calcium carbonate.
कोबाल्ट–Cobalt.
कोलाइन–Choline.
कोशभित्तिका–Cell-wall.
क्रमदर्शी–Spectroscope.
क्लोरोफिल–Chlorophyl, पर्णहरित
क्लोवर–Clover.
क्लौसट्रीडियम–Clostridium.
क्लौसट्रीडियम प्युट्रिफिकस–Clostridium putrificus.
क्वार्ट्ज–Quartz.
क्वार्टजाइट–Quartzite, स्फटिकाश्य

क्वार्ट्ज मिट्टी–Quartz soil.
क्षार–Alkali.
क्षारीय तत्त्व–Alkaline elements.
क्षारीय मिट्टी–Alkaline soil.
क्षेत्र सम परीक्षा–Field experiment.
खाद–Manure.
खिचाव–Pull.
गंधक–Sulphur.
गलन–Fusion.
गेहूँ का भूसा–Wheat-straw.
गैसीय–Gaseous.
गोलाकार–Shot.
ग्रानाइट–Granite.
ग्रानाइट चट्टान–Granite rock
घनत्व–Density.
घोंघा और सीतूआ–Slugs and snails.
चर्बी और लिगनिन–Fat and lignin.
चरागाह–Meadow.
चिक्कण मिट्टी–Clayey soil.
चिटिन–Chitins.
चूना–Lime.
चूने का पत्थर–Dolamite.
चेष्टनट–Chestnut.
छादीय, पतवार–Mulch.
जलग्रहण शक्ति–Water-holding capacity.
जलदरीय अपक्षरण–Gully erosion.
जल-पटल–Moisture film.
जल-विश्लेषण–Hydrolysis.
जल-शोषण और ऑक्सीकरण–Hydration and Oxidation.
जारक जीवी–Aerobic.
जिप्सम–Gypsum, सिलखड़ी
टाइल–Tile.
टिल्थ–Tilth.
टैनिन्स–Tannins.
ट्राइकोडर्मा–Trichoderma.
डाईक्रोमेट–Dichromate. द्विवर्णीय
डाई स्टैटिक एनजाइम–Diastatic enzyme.
डाई-हाइड्रो-स्टीयरिक-अम्ल–Dihydrostearic acid.
डाया लिसिस–Dialysis.
डिकाइट–Dickite.
डी' कैलसियम–D' calcium.
डी' गुलकोज–D' Gulcose.
डी' जाइलोज–D' Xylose.
डेक्सट्रीन–Dextrin.
तत्त्व और योगिक–Elements and compounds.
तन्यता, दृढ़स्थायिता–Tenacity.
तल–Surface.
तल-क्षेत्रफल–Surface area.
तल-तनाव–Surface tension.
ताप-जनक–Phytogenic, thermogenic.
तापधारिता–Heat capacity.
तिर्यक्–Oblique.
त्रिज्या (व्यासार्द्ध)–Radius.

त्रिसंयोजक–Trivalent.
थल्ली, पेंदी–Bottom.
दबाव–Pressure.
दरार–Crack.
दहन–Combustion.
द्वि-संयोजक–Divalent.
दोमट–Loam.
धन–Positive.
धन आयन–Cation.
धन आयन अधिशोषण क्रिया–Cation adsorption.
धन आयन विनिमय–Base exchange.
धन आयन विनिमय शक्ति–Cation exchange capacity.
धन-विद्युत–Positive electricity.
नमक–Salt.
नहाकार संरचना–Nut structure.
नाइट्रोजन–Nitrogen.
नाइट्रोजन चक्र–Nitrogen cycle.
नाइट्रोजन स्थिरता–Nitrogen fixation.
नाइट्रो सोमनाज–Nitrosomonas.
नाइट्रेट्स–Nitrates.
नाइट्रो बैक्टर–Nitróbacter.
नाभिकीय–Nuclear.
नाली का गंदा पानी, अवपंक–Sludge.
निःशेषित होना–Exhaust.
निकेल–Nickel.
निबंध सूत्र–Composition.
नियतांक–Constant.
नौनट्रोनाइट–Nontronite.
नौरमेलिटी–Normality.
न्यून तत्त्व–Minor element.
पट्टिका–Plate.
पटल–Film.
पट्टी सस्योत्पादन–Strip-cropping.
पर्पटी छादन–Encrustment
परतदार–Stratified.
परिच्यवन–Leaching, percolation.
पाइरो फौसफेट–Pyro phosphate.
पात्तालिक–Sedimentary.
पिपेट–Pippet.
पीट–Peat.
पुरुभाजन–Polymerisation.
पुरुभाजित–Polymeirsed
पूर्ण विनिमय शक्ति–Total exchange capacity.
प्लेजिओक्लेज फेलस्पार–Plagioclase feldspar.
पेडोलौजी–Pedology. मृदा विज्ञान
पेन्टोज–Pentose. पंचधु
पेनसीलीयम ग्लाउकम–Penicillium glaucum.
पोटाश–Potash.
पोटैशियम–Potassium.
पोटैशियम हाइड्रोक्साइड–Potassium-hydroxide.
पोली ग्लूकोरोनिक अम्ल–Poly glucoronic acid.

पौडसोल भस्म मृदा–Podsol base soil
प्यूरिन भस्मीय पदार्थ–Purine base.
प्रकाश संश्लेषण–Photo synthesis.
प्रजाल–Lattice.
प्रज्वलन–Ignition.
प्रतिक्रिया–Reversion.
प्रतिशत धन-आयन संतृप्ति–Percentage base saturation.
प्रभाजन–Fractionation.
प्रभृति जटिल शर्करा–Poly saccharide, पुरुशर्करेय
प्रवेग–Velocity.
प्राणी शास्त्र–Physiology. शरीर-विज्ञान
पृथ्वी का ढलाव–Slope of earth.
प्रेअरी–Prairie.
प्रोटियस वलगारिस–Proteius vulgaris.
प्रोटोप्लाज़्म–Protoplasm. प्रागरस
फुफूंदी–Fungus.
फलविक अम्ल–Fulvic acid.
फाइटीन–Phytin.
फीलामेन्टस कवक–Filaments fungi.
फेलस्पार–Feldspar.
फौसफेट–Phosphate.
फलास्क–Flask.
फ्लोर ऐपेटाइट–Flour apatite.
बज्रसार–Orstein or cemented.
बलुही मिट्टी–Sandy soil.
बादामी मिट्टी–Brown soil.
बारीक पत्थर के टुकड़े–Fine gravel.
बालू–Sand.
बी' एमाइलोवोरस–B' Amylovorous.
बी' मेसेन्टेरिक्स–B' Mesentericus.
बी' मेसेरान्स–B' Macerans.
बेसिलस सटलिस–Bacillus subtilis.
बोरोन–Boron.
ब्राउनियन गति–Brownian motion.
भू-आकृष्ट जल–Gravitational moisture.
भस्म–Base
भार–Weight.
भारी मिट्टी–Heavy soil.
भास्मिक–Basic.
भास्मिक आग्नेय–Basic Igneous.
भूकर्षण, जुताई–Tillage.
भूमि-कृमि–Earth-worm.
भूगर्भशास्त्र–Geology.
भूरी बादामी पौडसोलिक मिट्टी–Dark brown Podsolic soil.
भौतिक–Physical.
मरुभूमि की भूरी मिट्टी–Gray desert soil.
मशरूम–Mushroom.
महापुञ्जीय–Massive.
माइट्स–Mites. वरूथि
माध्यमिक–Secondary.

मान्ट मोरिलोनाइट–Mant morillonite.
माप संबंध–Scale relation.
मात्रक–Unit.
मात्रात्मक–Quantitative.
मिक्सो जीवाणु–Myxo-bacteria.
मिट्टी का कणान्तरिक छिद्र–Pores of soil.
मिट्टी का भार–Weight of soil.
मिट्टी की सुघट्यता और संसंजन–Plasticity and cohesion of soil.
मिट्टी के पार्श्व दृश्य और उसके संस्तर–Soil profile and horizons.
मिट्टी-जल–Soil water.
मिट्टी-सर्वेक्षण–Soil survey.
मिट्टी प्रवण (ढाल)–Soil slope.
मिट्टी भौतिकी–Soil Physics.
मिट्टी-वर्णन–Soil description.
मिट्टी-वायु–Soil air.
मिली इक्वीवेलेन्ट–Milli-equivalent.
मिलीपीड–Millipede. सहस्रपदी
मूल द्रव्य–Parent material.
मूलक–Radical.
मूल संस्तर–Parent horizon.
मैगनीसियम–Magnesium.
मोटी बालू–International coarse sand.
मौलटोज–Moltose.
मौलिब्डेनम–Mollybdenum.
म्यूकर–Mucor.
यान्त्रिक विश्लेषण–Mechnical analysis.
युक्ताप्य–Diatoms. द्विपरमाणु
युरिक अम्ल–Uric acid.
युरियेज एनजाइम–Urease Enzyme.
यूरीया–Urea.
यूरोनाइड–Uronide.
रेजिन–Resin. राल, उद्यास
रचना, विन्यास–Structure.
रवा–Crystal. मणिभ
रसाकर्षण–Osmosis.
रासायनिक–Chemical.
रासायनिक जल–Hygroscopic moisture. उदचूषीय
रिसना, परिच्यवन–Percolation.
रेखाचित्र–Graph.
रेडियो-एक्टिव-आइसोटोप–Radio-active isotopes.
रेत टीला–Sand dunes.
रोडेन्ट्स–Rodents.
लघुगणक, छेदा–Logarithm.
लव (देखो 'कण')
लव परिमाण–Particle size.
ल्यूपिन–Lupin.
ल्यूसाइन–Leucine.
लूसर्न–Lucerne.
लेक्स्ट्राइन मिट्टी–Lacustrine soil.
लेक्टिकअम्ल–Lactic acid.

लेसीथीन–Lecithin.

लोष्टन–Flocculation.

लोहस अमोनियम सल्फेट–Ferrous ammonium sulphate.

लौह-ऑक्साइड–Ferric oxide.

लौह-जारेय–Oxide of iron.

वनस्पति–Vegetation.

वयन पृथक्कृत–Textural separates.

वयस्क मिट्टी–Mature soil.

वर्षा–Rainfall.

वायुमंडल–Atmosphere.

वाष्प निपीड वक्र–Vapour Pressure curve.

वाष्पशील–Volatile.

वाष्पशील क्षार–Volatile alkali.

वाष्पीकरण–Evaporation, Volatalization.

विक्षेपित–Dispersed

विघटन–Dissociation, वियवन

विच्छेदन–Decomposition

विटामिन–Vitamin, खाद्योज

वितोद–Thrust.

विद्युत चालकता–Electrical conductivity.

विद्युत विभव–Electrical potential.

विनिमय–Exchange.

विनिमय योग्य–Exchangeable.

विभव अन्तर–Potential difference.

वियवन–Dissociation.

विलयन–Solution.

विलयन और संश्लेषण–Dissolution and synthesis.

विलायक–Solvent.

विश्लेषण–Analysis.

वेलाइन–Valine.

व्युत्क्रम–Reciprocal.

श्वसन–Respiration.

शस्यचक्र–Crops rotation.

शस्यावर्त–Rotation,

शिष्ट–Schist,

शुद्ध चिकनी मिट्टी–Pure clay.

शुष्क–Arid, wilting,

शुष्क गुणांक–wilting co-efficient,

शुष्क प्रतिशत–Wilting percentage,

शुष्कीय–Halogenic

शोषित जल–Imbibitional moisture,

श्लेषीय अविरोध–Gelatinous consistency.

श्लेषिका–Micelle.

संकरण–Crossing

संगमरमर :–Marble.

संचित खाद्य पदार्थ–Reserve plant food.

संतृप्त वायु-मंडल–Saturated atmosphere.

संपीडन–Compression

संरचनात्मक-पृथक्कृत–Structural separates.

संश्लेषण–Synthesis.
संसंजन–Cohesion.
संस्तर–Horizon.
सकेरा–Sekera.
सक्यूलेंट–Succulent.
सघन–Compact,
सनई–Crotalania zuncia (sann-hemp),
समयानुकूल वितरण–Distribution of time.
समसम्भावित रीति–Random method.
समानान्तर–Parallel.
समांशिक–Homogeneous.
सहजीवी–Symbiotic.
सह-सम्बन्ध–Co-relation.
सह-सम्बन्ध गुणक–Co-efficient of co-relation.
सांख्यिकी–Statistics.
सान्द्रित रासायनिक खाद–Concentrated fertilizer.
सान्द्रण–Concentration.
सापेक्षिक अनुपात–Relative proportion.
साम्य–Equilibrium.
सामूहिक कण संरचना–Aggregate and crumb formation.
सायना माइड–Cyanamide.
सिलसिक अम्ल–Silicic acid.
सिलिका–Silica.
सुघटचता–Plasticity.
सूक्ष्मतर बालु–Very fine sand.
सूक्ष्मदर्शी–Microscope.
सूत्र–Formula.
सूत्र कृमि–Nematodes.
सेन्ट्रीफ्युज–Centrifuge.
सेलाइन क्षारीय–Saline alkali.
सेलेनियम–Selenium.
सैपोनाइट–Saponite.
सोडियम–Sodium.
सोयाबीन–Soyabean
सोरासिया मारसीसेन्स–Sorratia marcesens.
सोलोटी–Soloti.
सोलानेज–Solanej.
स्कन्दन–Coagulation
स्टार्च–Starch.
स्ट्रौनसियम–Strontium.
स्तम्भाकार–Columnar.
स्तर अपक्षरण–Sheet-erosion.
स्थायी शुष्क–Permanent welting.
स्थिरीकरण–Fixation.
स्थूल–Solid.
स्पंज–Sponge.
स्राव–Secretion.
स्वीट क्लोवर–Sweet Clover.
हद–Limit.
हल्की मिट्टी–Light soil.
हल्लित्र–Shaking apparatus.

(अंग्रेजी-हिन्दी)

A

Absolute Specific gravity–प्रकेवल आपेक्षिक घनत्व
Absorption–अवशोषण
Acetyl bromides–एसिटाइल ब्रोमाइड
Acid–अम्ल
Acidic–अम्लीय
Acid igneous–एसिड आग्नेय
Acid soil–अम्लीय मिट्टी
Actinomycetes–किरण-कवकाणि
Adhesion–आसंजन
Aerobic–जारक जीवी
Aggregate and crumb formation–सामूहिक कण-संरचना
Alcohol–ऐल्कोहल
Aldehyde–ऐल्डीहाइड
Alfalfa–आल्फाल्फा
Algae–काई
Alkali–क्षार
Alkaline elements–क्षारीय तत्त्व
Alkaline soil–क्षारीय मिट्टी
Alkoloids–ऐल्केलाइड
Alluvial soil–कछार मिट्टी
Alter naria–अल्टर नारीया
Aluminium cum silica–एल्यूमिनियम और सिलिका
Amine–एमाइन
Amides–ऐमाइड्स
Amino acid–ऐमाइनो अम्ल
Ammonia–अमोनिया
Ammonifying–अमोनिया उत्पादक
Amphiboles and pyroxenes–ऐम्फीबोल्स और पाइरोक्सीन्स्
Analysis–विश्लेषण
Anaerobic–अजारक जीवी
Anion–ऋण आयन
A'oryzae–ए' ओराइजी
Apatite–ऐपेटाइट
Apparent specific gravity–आभासीय आपेक्षिक घनत्व
Area–आयतन
Arid–शुष्क
Ash–क्षार
Aspergillus–ऐसपर्गिलस
Aspartic acid–ऐसपार्टिक अम्ल
Atmosphere–वायुमंडल
Autotrophic–आत्मपुष्ट
Available–प्राप्य
Azonal soil–अकटिबन्धीय मिट्टी
Azotobacter–ऐजोटोबैक्टर

B

Bacillus subtilis–ब्रेसिलिस सटिलिस
Bacteria–जीवाणु

B'Amylovorous–बी' एमाइलो-बोरस
Base–भस्म
Base exchange–धनायन विनिमय
Basic–भास्मिक
Basic igneous–भास्मिक आग्नेय
Black earth–काली मिट्टी
B' Maccrans–बी 'मेसेरान्स
B' Mesentericus–बी' मेसेन्टेरिकस
Boron–बोरॉन
Bottom–थल्ली, पेंदी
Brownian motion–ब्राइनियन गति
Brown soil–बादामी मिट्टी

C

Calcite–कैलसाइट,
Calcium–कैलसियम,
Calcium carbonate–कैलसियम, कार्बोनेट
Calloidosporium–क्लौडोस्पोरियम
Cappillary–केशिका
Cappillary moisture–केशिका जल
Cappillary pores–केशिका रन्ध्र
Cappillary porosity–केशिका सरन्ध्रता
Cappillary protentiality–केशिका शक्यता
Cappillary saturation capacity–केशिका अनुबोधन सामर्थ्य
Carbohydrate–कार्बोहाइड्रेट
Carbon–कार्बन
Carbonates–कार्बोनेट्स
Carboxyl–कार्बोक्सिल
Catalysis–उत्प्रेरक
Cation–धन आयन
Cation absorption–धन आयन अधिशोषण क्रिया
Cation exchange capacity–धन आयन विनिमय शक्ति
Cell-wall–कोषभित्तिका
Centrifuge–सेन्ट्रीफ्यूज
Centipede–शतपदी
Chemical–रासायनिक
Chlorophyll–क्लोरोफिल, पर्णहरित
Choline–कोलाइन
Chitins–चिटिन
Chestnut–चेष्टनट
Clostridium–क्लौस्ट्रिडियम
Clay–चिकनी मिट्टी
Clayey soil–चिक्कण मिट्टी
Clostridium putrificus–क्लौस्ट्रिडियम प्युट्रिफिकस
Clover–क्लोवर
Coagulation–स्कंदन
Cobalt–कोबल्ट
Co-effecient of co-relation–सह-सम्बन्ध-गुणक
Cohesion–संसंजन
Colloid–कलिल
Columnar–स्तंभाकार

Combustion–दहन
Compact–सघन, निविड
Composition–निबंध सूत्र
Compost–गोबर कूड़े की खाद; सड़ायी हुई खाद
Compression–संपीडन
Concentration–सान्द्रण
Concentrated fertilizr–सांद्रित रासायनिक खाद
Constant–नियतांक
Co-relation–सह्-सम्बन्ध
Crack–दरार
Critical examination–आलोचनात्मक पर्यवेक्षण
Crotalaria Zuncia (Sannhemp)–सनई
Cropsrotation–शस्यचक्र
Crossing–संकरण
Crumble–अवचूर्ण
Crystalline–केलासीय
Crystal–रवा, केलास
Cumulated soil–एकत्रित मिट्टी
Cyanamide–सायनामाइड

D

Dark brown podsolic soil–भूरी बादामी पौडसोलिक मिट्टी
Decomposition–विच्छेदन
Degraded alkali soil–अपचित या अवक्षरित, क्षारीय मिट्टी
Density–घनत्व
Deposition–अवसादन
Dispersed–विक्षेपित
Dissolution and synthesis–विलयन और संश्लेषण
Distillation–आसवन
Dextrin–डेक्सट्रीन
D' gulcose–डी' गुलकोज
Dialysis–डाया लिसिस, व्याश्लेषण
Diastatic enzyme–डायस्टैटिक एनज़ाइम
Diatoms–युक्ताप्य
D' calcium–डी' कैलसियम
Dichromate–डाईक्रोमेट
Dihydrostearic acid–डाई-हाइड्रोस्टीयरिक अम्ल
Dimension–आयाम
Dipolar–द्वि ध्रुव
Dickite–डिकाइट
Dispersed phase–अपकीर्ण अवस्था
Dispersion–विक्षेपण
Dissipation–अपाकरण
Dissociation–वियवन, विघटन
Distilled water–आस्रुत जल
Distribution of time–समयानुकूल बितरण
Divalent–द्वि-संयोजक
Drying capacity–सूखने की शक्ति
Dolomite–चूने का पत्थर
Dynamic–आवेगिक, प्रावेगिक
D' xylose–डी' जाइलोज

E

Earthworm–भूमि-कृमि
Electrical potential–विद्युत विभव
Electrical conductivity–विद्युत चालकता
Elements and compounds–तत्त्व और यौगिक
Energy–ऊर्जा
Encrustment–पर्पटी, छादन
Enzyme–एनजाइम
Enzyme lypase–एनजाइम लाइपेज,
Entropy–उत्क्रम
Equilibrium–साम्य
Erosion–अपक्षरण
Ether–इथर
Evaporation–वाष्पीकरण
Exchange–विनिमय
Exchangeable–विनिमय योग्य
Excreta–उत्सर्ग, मलोत्सर्ग
Experimental plot–अनुसंधान भूमि
Extract–निस्सार
Extraction–निस्सारण
Extra normal–असमान
Exhaust–निक्षेपित होना, रेचित होना

F

Fat and lignin–चर्बी और लिगनिन
Feldspar–फेलस्पार
Ferric-oxide–लौह-ऑक्साइड
Ferrous Ammonium sulphate–लोहस अमोनियम सल्फेट
Field experiment–क्षेत्र समपरीक्षा
Filaments fungi–फिलामेन्ट्स कवक
Film–पटल
Fine gravel–बारीक पत्थर के टुकड़े
Fixation–स्थिरीकरण
Flocculation–ऊर्णन, ऊर्ण्यन
Flask–फ्लास्क
Flour apatite–फ्लोर ऐपेटाइट
Formula–सूत्र
Fractionation–प्रभाजन
Fragmental–खंडवत
Free-living–स्वतंत्र जीवी
Fulvic acid–फलविक अम्ल
Fungus–फफूँदी
Fungus mycelium–कवक जाल
Fusion–गलन

G

Gaseous–गैसीय
Gelatinous consistency–श्लेषीय अविरोध
Geology–भूगर्भशास्त्र
Glucose–द्राक्ष शर्करा
Glutamic-acid–ग्लूटामिक-अम्ल
Granite–ग्रानाइट
Granite rock–ग्रानाइट चट्टान
Granular–कणात्मक
Granulation–कणीभवन
Graph–रेखाचित्र
Gravitational moisture–भू-आकृष्ट जल

Gray desert soil–मरुभूमि की भूरी मिट्टी
Guaiacyl–गेयासिल
Gully erosion–जलदरीय अपक्षरण
Gypsum–जिप्सम, सिलखडी

H

Halloysite–हेलोसाइट
Halogenic–शुष्कीय
Heat capacity–ताप-धारिता
Heavy clay–भारी-मिट्टी
Hemi-cellulose–हेमी-सेल्यूलोज
Heppuric-acid–हीप्युरिक अम्ल
Heterotrophic–इतर पुष्ट
High co-efficient of co-relation उच्च कोटि का सह-सम्बन्ध
Homogeneous–समांगिक
Horizon–संस्तर, प्रसार, पार्श्व
Humid–आक्लिन्न, आर्द्र
Humidity–आर्द्रता
Humus–ह्यूमस, धरणमृदा
Humus soil–ह्यूमस मिट्टी
Hydration & oxidation–जल-शोषण और ऑक्सीकरण
Hydrogenic–उद्‌जनिक, हाइड्रो-जनिक
Hydrogen–हाइड्रोजन
Hydrogen peroxide–हाइड्रोजन पेरोक्साइड
Hydrolysis–जल-विश्लेषण
Hydromorphous–हाइड्रोमौर्फस
Hygroscopicity–उन्द चूषता
Hygroscopic moisture–रासायनिक जल, उन्द चूषीय जल,

I

Igneous–आग्नेय
Ignition–प्रज्वलन
Illite–इलाइट
Imbibitional moisture–शोषित जल
Indigo–नील
In-organic–अकार्बनिक
Insect–कीड़े
Insoluble–अविलेय
Interstices–अंतराल
International coarse sand–मोटी बालू
International fine sand–अति सूक्ष्म बालू
Intra zonal soil–अभ्यन्तर कटि-बन्धीय मिट्टी
Ion–आयन
Isoleucine–आइसोल्यूसाइन

K

Kaolinite–केओलिनाइट
Kilo-calories–किलोकेलरीज

L

Lecithin–लेसीथीन
Lactic-acid–लेक्टिक अम्ल
Lacustrine soil–लेकस्ट्राइन मिट्टी
Lattice–प्रजाल

Law of minimum–न्यूनतम का सिद्धान्त
Leaching–परिच्यवन
Legumes–फलीदार, दलहन
Leucine–ल्यूसाइन
Light soil–हल्की मिट्टी
Lime–चूना
Living cell–जीव-कोष
Loam–दोमट
Logarithm–लघुगणक, छेदा
Lucerne–लूसर्न
Lupin–ल्युपिन

M

Magnesium–मैगनीसियम
Mant morillonite–मान्टमोरिलोनाइट
Manure–खाद (कार्बनिक)
Marble–संगमरमर
Massive–महापुञ्जीय
Mature soil–वयस्क मिट्टी
Maximum moisture–अधिकतम जल
Mechanical analysis–यान्त्रिक विश्लेषण
Meadow–चरागाह
Metamorphic–रूपान्तरिक
Meteorology–ऋतु-विज्ञान
Micelle–श्लेषिका
Microfauna–अणु-प्राणी
Microflora–अणु-उद्भिज्जात
Microscope–सूक्ष्मदर्शी
Milli-equivalent–मिली इक्वीवेलेन्ट
Millipedes–मिलीपीडस, सहस्रपदी
Minor elements–न्यून तत्त्व
Mites–माइट्स
Moisture equivalent–आर्द्रता तुल्य
Moisture film–जल-पटल
Molecular–आणविक
Mollybdenum–मौलिब्डेनम
Moltose–मौलटोज
Mucor–म्यूकर
Mulch–छादीय, पतवार
Mushroom–मशरूम
Myxo-bacteria–मिक्सो जीवाणु

N

Nematodes–सूत्रकृमि
Neutral–उदासीन
Nickel–निकेल
Nitrates–नाइट्रेट्स
Nitrobacter–नाइट्रोबैक्टर
Nitrogen–नाइट्रोजन
Nitrogen cycle–नाइट्रोजन चक्र
Nitrogen fixation–नाइट्रोजन स्थिरता
Nitro somanas–नाइट्रो सोमनाज
Nodules–ग्रन्थी
Non-capillary–अकेशाल
Nontronite–नौन ट्रोनाइट
Nut structure–नहाकार संरचना
Nuclear–नाभिकीय

O

Oblique–तिर्यक्
Organic–कार्बनिक
Organic matter–कार्बनिक पदार्थ
Orthoclase–और्थोक्लेज
Orstein or Cemented–बज्रसार
Oxide–जारेय
Oxide of iron–लौह्-जारेय
Oxy-apatite–ऑक्सी ऐपेटाइट
Oxygen–ऑक्सीजन

P

Parallel–समानान्तर
Parent horizon–मूल संस्तर
Parent material–मूल द्रव्य
Particle size–लव परिमाण
Posturage–पशुचारण
Peat–पीट
Percentage base saturation–प्रतिशत धन आयन संतृप्ति
Pedology–पेडौलोजी
Penicillim glaucum–पेनसीलीयम-ग्लाउकम
Pentose–पेन्टोज
Percolation–रिसना, परिच्यवन
Permanent welting–स्थायी शुष्क
Phosphate–फौसफेट
Photo-synthesis–प्रकाश-संश्लेषण
Physical–भौतिक
Physiology–प्राणी शास्त्र, शरीरविज्ञान
Phytin–फाइटीन
Phytogenic–ताप-जनक
Pippet–पिपेट
Pyro-phosphate–पाइरो-फौसफेट
Plate–पट्टिका
Plasticity–सुघट्यता
Plastity and Cohesion of soil–मिट्टी की सुघट्यता और संसंजन
Plagioclase feldspar–प्लेजिओ-क्लेज फेलस्पार
Podsol–पौडसौल, भस्ममृदा
Poly glucoronic acid–पोली ग्लूकोरोनिक अम्ल
Polymerisation–पुरु भाजन
Polymerised–पुरु भाजित
Polysaccharide–प्रभृति जटिल शर्करा, पुरु शर्करेय
Pore space–कणान्तरिक छिद्र
Pores of soil–मिट्टी का कणान्त-रिक छिद्र
Porosity–सरन्ध्रता
Porous–सरन्ध्र
Porous structure–सरन्ध्र-विन्यास
Positive–धन
Positive co-efficient of co-relation–अनुलोम सह-सम्बन्ध गुणक, (रघु.)
Positive-electricity–धन-विद्युत
Potash–पोटाश
Potassium hydroxide–पोटैशियम हाइड्रोक्साइड

Potential difference–विभव अन्तर
Potential energy–स्थितिज ऊर्जा
Prairie–प्रेअरी
Precipitate–अवक्षेप
Precipitation–अवक्षेपण
Properties–गुण, गुणधर्म
Productive soil–उर्वरा मिट्टी
Proteius vulgaris–प्रोटियस वलगारिस
Protoplasm–प्रोटोप्लाज्म, प्राणरस
Pressure–दबाव
Pull–खिंचाव
Pure-clay–शुद्ध चिकनी मिट्टी
Purine base–प्यूरीन क्षारीय पदार्थ

Q

Quartz–क्वार्ट्ज
Quartzite–क्वार्ट्जाइट
Quartz soil–क्वार्ट्ज मिट्टी
Quantitatively–मात्रात्मक रूप से

R

Radical–मूलक
Radio active isotopes–रेडियो एक्टिव आइसोटोप
Radius–त्रिज्या
Radius of the particle–कण-त्रिज्या
Ratio–अनुपात
Random method–समसम्भावित रीति
Reciprocal–व्युत्क्रम
Reduceable manganese–प्रह्रसित मैंगनीज
Reduction–अवकरण
Reserve plant food–संचित खाद्य पदार्थ
Relative proportion–सापेक्षिक अनुपात
Replication–अभ्यावृत्ति
Resin–रेजिन, राल
Residual soil–अवशिष्ट मिट्टी
Residual effect–अवशिष्ट प्रभाव
Resistence–अवरोध
Respiration–श्वसन
Reversion–प्रतिक्रिया
Rodents–रोडेन्ट्स
Rotation–शस्यावर्त्त

S

Saline–सेलाइन, क्षारीय
Salt–नमक, लवण
Sand–बालू
Sandy soil–बलुई मिट्टी
Sand dunes–रेत टीला
Saponite–सैपोनाइट
Saturated atmosphere–संतृप्त वायुमंडल
Scale relation–माप संबंध
Schist–शिष्ट
Secondary–माध्यमिक
Secretion–स्राव

Sedimentary–पातालिक
Sekera–सकेरा
Selenium–सेलेनियम
Silicic acid–सिलिसिक अम्ल
Selrratia marcscens–सोरासिया मारसीसेन्स
Shaking–कम्पन-क्रिया
Shaking apparatus–हल्लित्र
Sheet erosion–स्तर अपक्षरण
Shot–गोलाकार
Shrinkage–आसंकोचन
Silica–सिलिका
Silt–सिल्ट, अवसाद
Single grain–एककणीय
Slate–स्लेट
Slope of earth–पृथ्वी का ढलाव
Slugs and snails–घोंघा और सीतूआ
Sodium–सोडियम,
Soil air–मिट्टी वायु
Solanej–सोलानेज
Soil description–मिट्टी वर्णन
Soil physics–मिट्टी भौतिकी
Soil profile and horizons–मिट्टी के पार्श्व दृश्य और उसके संस्तर
Soil slope–मिट्टी प्रवण (टाल)
Soil survey–मिट्टी परीक्षण
Soil water–मिट्टी-जल
Solid–स्थूल
Solote–सोलोटी
Solution–विलयन
Solvent–विलायक
Sow-bug–एक प्रकार का खटमल
Soya-bean–सोयाबीन
Spectroscope–क्रमदर्शी
Spider–मकड़ा
Sponge–स्पन्ज
Starch–स्टार्च
Starter–विच्छेदक, आरंभक
State–अवस्था
Statictics–सांख्यिकी
Sticky-point–दृढ़ अवस्था
Stimulant–उत्तेजक
Stratified–परतदार
Strip-cropping–पट्टी सस्योत्पादन
Strontium–स्ट्रौनसीयम
Structural separates–संरचनात्मक पृथक्कृत
Structure–रचना, विन्यास, संरचना
Surface tension–तल-तनाव
Succulent–सक्यूलेंट
Sludge–नाली का गंदा पानी, अवपंक
Sulphur–गंधक
Surface–तल
Surface area–तल-क्षेत्रफल
Sweet clover–स्वीट क्लोवर
Symbiotic–सहजीवी
Synthesis–संश्लेषण

T

Tail—पूँछ
Tannins—टैनिन्स
Tenacity—तन्यता, दृढ़ स्थायिता
Textural separates—वयन, पृथक्कृत
Texture—कणाकार
Thermogenic—ताप जनक
Thrust—वितोद
Tile—टाइल
Tillage—भूकर्षण, जुताई
Tilth—टिल्थ
Titrate—अनुमापन
Total exchange capacity—पूर्ण विनिमय शक्ति
Trace elements—न्यून तत्व
Transpiration—उत्स्वेदन, निष्कापण
Trichoderma—ट्राइकोडर्मा
Trivalent—त्रिसंयोजक
Type—रूप

U

Unit—मात्रक
Upthrust—उत्क्षेप
Urea—यूरिया
Urease enzyme—यूरियेज ऐनजाइम
Uric-acid—युरिक अम्ल
Uronide—युरोनाइड

V

Valency—संयोजकता
Valine—वेलाइन
Vapour pressure curve—वाष्प निपीड (दाव) वक्र
Vegetation—वनस्पति
Velocity—प्रवेग
Vertical—ऊर्ध्वाधिर
Vertical cross-section—उदग्र अनुप्रस्थ छेद
Very fine sand—सूक्ष्मतर बालू
Viscosity—आलगत्व, श्यानता
Vitamin—विटामिन, खाद्योज
Volatalization—वाष्पीकरण
Volatile—वाष्पशील
Volatile alkali—वाष्पशील क्षार
Volume—आयतन

W

Water—जल,
Water holding capacity—जल ग्रहण शक्ति
Weathering—ऋतुक्षरण
Weight—भार
Weight of soil—मिट्टी का भार,
Wilting—शुष्क
Wilting co-efficient—शुष्क गुणक
Wilting percentage—शुष्क प्रतिशत
Wheat straw—गेहूँ का भूसा
Worms—कृमि

Z

Zonal soils—कटिबन्धीय मिट्टी।